ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1907 г. ТОМЪ 8. № 2.

Релаксація и внутреннее треніе твердыхъ тѣлъ.

Б. П. Вейнберга.

Твердыя—въ житейскомъ смыслѣ слова [1]) -тѣла мы отличаемъ отъ тѣлъ жидкихъ и газообразныхъ по сопротивленію, оказываемому измѣненію формы: форму тѣлъ жидкихъ и газообразныхъ очень легко измѣнять, тогда какъ форму тѣлъ твердыхъ измѣнять трудно. Помимо этого твердыя тѣла отличаются отъ жидкихъ и газообразныхъ характеромъ измѣненія формы при дѣйствіи силы: тѣла жидкія и газообразныя подъ вліяніемъ постоянной силы измѣняютъ свою форму непрерывно и съ быстротою, зависящею отъ величины силы, а по прекращеніи дѣйствія силы не возвращаются къ прежней формѣ, тогда какъ тѣла твердыя во многихъ случаяхъ, претерпѣвъ нѣкоторое измѣненіе формы подъ вліяніемъ силы, почти не измѣняютъ ея дальше, сколько бы времени сила ни дѣйствовала, а по прекращеніи дѣйствія силы возвращаются—вполнѣ или отчасти, сразу или чрезъ нѣкоторое время - къ первоначальной формѣ. Твердыя тѣла, деформація которыхъ не увеличивается съ теченіемъ времени при дѣйствіи постоянной силы и становится рав-

[1]) Въ механикѣ подъ твердымъ тѣломъ понимаютъ абсолютно неизмѣняемое тѣло, въ теоріи упругости—абсолютно упругое по отношенію къ измѣненіямъ, какъ формы, такъ и объема; въ физикѣ же можно, думается, довольствоваться житейскимъ понятіемъ, пока дѣло не идетъ о сосуществованіи твердаго и жидкаго или твердаго и газообразнаго состояній,—а тогда, какъ выяснилъ Тамманнъ, нужно говорить о кристаллическомъ состояніи, а не о твердомъ.

ною нулю по прекращенiи дѣйствiя силы, называются упругими, и силы, оказываемыя ими,—силами упругости[1]). Силы же, оказываемыя тѣлами жидкими и газообразными, называютъ силами внутренняго тренiя. Эти силы зависятъ отъ быстроты деформацiи, тогда какъ силы упругiя зависятъ отъ величины деформацiи.

Для характеристики способности тѣлъ къ упругимъ деформацiямъ служитъ модуль сдвига, выражаемый силою, которую нужно приложить къ 1 поверхности сдвигаемаго слоя, чтобы вызвать сдвигъ на уголъ, равный 1. Для характеристики же способности тѣлъ непрерывно измѣнять форму подъ влiянiемъ постоянной силы служитъ коэффицiентъ внутренняго тренiя, выражаемый силою, которую нужно приложить къ 1 поверхности сдвигаемаго слоя, чтобы уголъ сдвига увеличивался съ угловою скоростью, равною 1.

Но кромѣ упругихъ твердыхъ тѣлъ значительное сопротивленiе измѣненiю формы представляютъ и другiя твердыя тѣла, которыя измѣняютъ форму непрерывно при дѣйствiи постоянной силы и почти вовсе не возвращаются къ прежней формѣ по прекращенiи дѣйствiя силы. Такiя тѣла носятъ названiе пластичныхъ.

Со свойствомъ пластичности близко свойство текучести, которая есть ни что иное, какъ способность перемѣщаться, измѣняя свою форму, подъ влiянiемъ силы тяжести или, вообще, какой-нибудь постоянной силы. Вопросъ объ остаточныхъ деформацiяхъ также тѣсно связанъ съ пластичностью.

Опытъ и наблюденiя показываютъ, однако, что кромѣ типичныхъ упругихъ и типичныхъ пластичныхъ тѣлъ существуютъ и тѣла промежуточныя и что каждое тѣло при силахъ, не превосходящихъ извѣстнаго предѣла—„предѣла упругости“—, является упругимъ, а при силахъ, превосходящихъ этотъ предѣлъ, является пластичнымъ; по достиженiи же силами нѣкотораго второго предѣла—„предѣла пластичности“—тѣло разрушается, является хрупкимъ. Смотря по тому, великъ или малъ промежутокъ между предѣломъ пластичности и предѣломъ упругости—

[1]) Болѣе удачными представляются мало-по-малу входящiе въ употребленiе термины „пружинящiя тѣла“, „пружинность“,—въ отличiе отъ свойства упругости, которое характеризуетъ въ обычной рѣчи бóльшую или меньшую способность къ измѣненiямъ формы.

въ сравненіи съ промежуткомъ отъ силы нуль до предѣла упругости—, тѣло называютъ пластичнымъ или хрупкимъ; упругими же тѣлами называютъ вообще тѣ, у которыхъ предѣлъ упругости лежитъ высоко.

Не смотря на весьма большое число изслѣдованій, относящихся къ предѣламъ упругости и пластичности, вопросъ о характерѣ силъ, оказываемыхъ твердыми тѣлами по переходѣ за предѣлъ упругости, является далеко не выясненнымъ. Главною причиною этого нужно считать то обстоятельство, что при этихъ опытахъ почти не обращали вниманія на время,—между тѣмъ, какъ деформація по достиженіи предѣла упругости растетъ и при постоянной силѣ съ теченіемъ времени.

Поэтому, напр., одни авторы считаютъ, что въ пластичныхъ твердыхъ тѣлахъ существуютъ только силы внутренняго тренія; другіе полагаютъ, что эти силы сосуществуютъ съ силами упругими—даже въ предѣлахъ полной упругости,—третьи, наконецъ, соединяютъ эти двѣ группы явленій въ одну.

Первый, высказавшій замѣчательную мысль о связи силъ внутренняго тренія съ силами упругими, былъ Максвелль (1868). Онъ предположилъ, что сила, вызванная нѣкоторою деформаціею тѣла и пропорціональная этой деформаціи, не остается постоянною, а непрерывно убываетъ съ теченіемъ времени, если деформація остается постоянною. Это убываніе силы съ теченіемъ времени, эта „релаксація“ (разслабленіе) матерьяла, протекаетъ, по его мнѣнію, по закону сложныхъ процентовъ или въ геометрической прогрессіи, т. е. равнымъ промежуткамъ времени соотвѣтствуютъ уменьшенія силы въ равное число разъ. Если назовемъ чрезъ a число, показывающее, во сколько разъ уменьшается сила въ 1 времени, то, называя чрезъ f_0 силу въ первый моментъ послѣ измѣненія формы тѣла, а черезъ f_t—силу черезъ t единицъ времени, получаемъ

$$f_t = f_0 a^{-t}. \tag{1}$$

Замѣняя a чрезъ $e^{\frac{1}{T}}$, гдѣ e—основаніе натуральныхъ логарифмовъ, находимъ

$$f_t = f_0 e^{-\frac{t}{T}} = N\alpha_0 e^{-\frac{t}{T}}, \tag{2}$$

если для опредѣленности предположимъ, что рѣчь идетъ о деформаціи сдвига, что сдвигается 1 поверхности и что начальный сдвигъ равенъ α_0.

Промежутокъ времени T, въ теченіе котораго сила уменьшается въ e разъ, Максвелль назвалъ временемъ релаксаціи. Для тѣлъ жидкихъ и, особенно, газообразныхъ Максвелль считаетъ T ничтожно малымъ, для упругихъ твердыхъ тѣлъ — чрезвычайно большимъ, такъ что практически газы и жидкости тотчасъ по измѣненіи формы уже не стремятся вернуться къ первоначальной формѣ; упругія же твердыя тѣла не разслабляются, не измѣняютъ силы сопротивленія при постоянствѣ деформаціи въ теченіе практически безконечно большихъ промежутковъ времени. Кромѣ того возможны и всѣ промежуточные случаи, характеризуемые именно величиною времени релаксаціи T.

Изъ ур. (2) слѣдуетъ, что измѣненіе силы за время Δt будетъ равно

$$\Delta f_t = N\alpha_0 e^{-\frac{t+\Delta t}{T}} - N\alpha_0 e^{-\frac{t}{T}} = N\alpha_0 e^{-\frac{t}{T}}\left(e^{-\frac{\Delta t}{T}} - 1\right) =$$

$$(3) \qquad = -f_t\left(\frac{\Delta t}{T} + \frac{1(\Delta t)^2}{1\,.\,2\;T^2} + \ldots\right) = -f_t\frac{\Delta t}{T}.$$

Уравненіе (3) или уравненіе

$$(4) \qquad -\frac{\Delta f_t}{f_t} = \frac{\Delta_t}{T}$$

получается изъ (2) еще проще непосредственнымъ дифференцированіемъ. Это уравненіе показываетъ, что сила въ данный моментъ убываетъ за нѣкоторый малый промежутокъ времени Δt на такую долю своей величины, какую долю времени релаксаціи T составляетъ этотъ промежутокъ времени.

Предположимъ теперь, что мы не будемъ поддерживать уголъ сдвига все время равнымъ начальному, а, наоборотъ, будемъ все время увеличивать его съ постоянною угловою скоростью φ. Тогда естественно допустить, что къ убыли силы за время Δt, выражаемой уравненіемъ (4), присоединится приростъ ея, равный $N\Delta\alpha$ или $N\varphi\,\Delta t$, такъ что будемъ имѣть

$$(5) \qquad \Delta f_t = -f_t\,.\,\frac{\Delta t}{T} + N\varphi\,\Delta t = -(f_t - NT\varphi)\,.\,\frac{\Delta t}{T}\,.$$

Такъ какъ $NT\varphi$ есть постоянная величина, то, очевидно, измѣненіе величины f_t и измѣненіе величины $f_t - NT\varphi$ будутъ одинаковы, и изъ (5) слѣдуетъ

$$\frac{-\Delta(f_t - NT\varphi)}{f_t - NT\varphi} = \frac{\Delta t}{T}. \tag{6}$$

Сопоставляя (2) и (3) съ (6), приходимъ къ заключенію, что въ случаѣ сдвига съ постоянною угловою скоростью φ должно быть во всякій моментъ

$$f_t - NT\varphi = (f_0 - NT\varphi)\, e^{-\frac{t}{T}} \tag{7}$$

или

$$f_t = N\alpha_0\, e^{-\frac{t}{T}} + NT\varphi\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right). \tag{8}$$

Когда t во много разъ превзойдетъ T, то $e^{-\frac{t}{T}}$ станетъ очень мало и, слѣд., будемъ имѣть

$$f_t = NT\varphi\,, \tag{9}$$

т. е. сила будетъ зависѣть не отъ величины деформаціи, а отъ быстроты деформаціи и будетъ имѣть характеръ силы внутренняго тренія. Относя эту силу къ единицѣ угловой скорости сдвига, получаемъ величину коэффиціента внутренняго тренія η изучаемаго матерьяла:

$$\eta = \frac{f_t}{\varphi} = NT\,, \tag{10}$$

т. е. коэффиціентъ внутренняго тренія равенъ произведенію модуля сдвига на время релаксаціи.

Въ эпоху Максвелля не существовало опредѣленій времени T ни для какихъ тѣлъ и только одно—, вѣроятно, ему неизвѣстное и сомнительное по методу—опредѣленіе коэффиціента внутренняго тренія твердыхъ тѣлъ; поэтому онъ ограничился оцѣнкою времени релаксаціи для воздуха, вычисливъ по коэффиціенту сжатія „коэффиціентъ мгновенной твердости" и получилъ для времени релаксаціи ничтожно малую, какъ и слѣдовало ожидать, величину, а именно $2 \,.\, 10^{-10}$ сек.

Слѣдующій шагъ, какъ въ теоретическомъ, такъ и въ экспериментальномъ отношеніи сдѣлалъ Шведовъ (1889). Онъ въ своей работѣ „О твердости жидкостей" показалъ на опытѣ, что такой матерьялъ, какъ полупроцентный растворъ желатины, способенъ къ упругимъ деформаціямъ; ему удалось измѣрить модуль сдвига для этого раствора, оказавшійся въ билльоны разъ меньше, чѣмъ для стали; наконецъ, онъ обнаружилъ, что этотъ растворъ желатины, если уголъ сдвига превышаетъ нѣкоторую величину λ, релаксируетъ, причемъ это разслабленіе идетъ не до нуля, а до предѣльной упругой силы $N\lambda$, — и что убываетъ въ геометрической прогрессіи не вся сила, а только разность начальной и конечной силы. Въ этомъ случаѣ вмѣсто законовъ (2), (8) и (10) должно быть

$$f_t = N\lambda + (N\alpha_0 - N\lambda)\, e^{-\frac{t}{T}}, \tag{11}$$

$$f_t = N\alpha_0\, e^{-\frac{t}{T}} + (NT\varphi + N\lambda)\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right), \tag{12}$$

$$\eta = NT + \frac{N\lambda}{\varphi'}. \tag{13}$$

Послѣдняя формула показываетъ, что коэффиціентъ внутренняго тренія для веществъ, которыя начинаютъ релаксировать лишь по достиженіи деформаціею опредѣленной величины, зависитъ отъ быстроты деформаціи, увеличиваясь при ея уменьшеніи, — другими словами, возрастая пропорціонально приростамъ „медленности" деформаціи. Это соотношеніе Шведовъ также подтвердилъ опытомъ надъ одно-процентнымъ растворомъ желатины. Замѣтимъ, что для полу-процентнаго раствора желатины изъ опытовъ Шведова получается для времени релаксаціи 823 сек.

Для законовъ релаксаціи, иныхъ, чѣмъ (2) и (11), должны получаться и иныя зависимости коэффиціента внутренняго тренія отъ быстроты деформаціи, чѣмъ (10) и (13).

Шведовъ слѣдилъ за убываніемъ силы непосредственно, Рейгеръ же (1901) и Г. Г. Де-Метцъ (1903) воспользовались для этого явленіемъ временнаго двойного преломленія, величина котораго состоитъ въ связи съ развиваемыми деформируемымъ

прозрачнымъ тѣломъ силами. Рейгеръ изучалъ въ этомъ отношеніи крѣпкіе (20—40%) растворы желатины въ водѣ—чистые и съ примѣсями—, канифоль—чистую и со скипидаромъ—, вишневый клей, стекла; Г. Г. Де-Метцъ—копаловый лакъ. Времена релаксаціи получались отъ нѣсколькихъ десятковъ до нѣсколькихъ милліоновъ секундъ, причемъ особенно сильно было вліяніе температуры. Въ громадномъ большинствѣ случаевъ релаксація протекала по закону Максвелля, но къ нѣкоторымъ случаямъ ближе подошла бы формула Шведова.

За это время накопилось также довольно много опредѣленій коэффиціента внутренняго тренія твердыхъ тѣлъ—помимо качественныхъ наблюденій надъ текучестью металловъ, которой посвятили много времени Треска, Спрингъ и др. Для такихъ опредѣленій годится въ сущности каждое явленіе, въ которомъ тѣло измѣняло бы непрерывно свою форму подъ вліяніемъ силы; но, съ релаксаціонной точки зрѣнія, наиболѣе подходящими являются тѣ, гдѣ можно достичь стаціонарности движенія при дѣйствіи постоянной силы. Для этого нужно имѣть возможность продолжать опытъ въ теченіе времени, значительно превышающаго время релаксаціи.

Кромѣ того желательно, чтобы явленіе измѣненія формы не осложнялось измѣненіями плотности, и чтобы деформація была однородною, ибо въ случаѣ неоднородности деформаціи различныя части тѣла будутъ обладать различною угловою скоростью сдвига, и при зависимости η отъ φ' истолкованіе результатовъ можетъ быть затруднительно.

Есть, наконецъ, еще недостатокъ: это—к в а з и-стаціонарность, когда постоянство движенія зависитъ не отъ того, что движеніе вещества стало стаціонарнымъ, а отъ того, что къ участію въ процессѣ привлекаются все новыя и новыя порціи вещества взамѣнъ порцій, отыгравшихъ свою роль. Этимъ недостаткомъ обладаетъ способъ продавливанія черезъ отверстіе въ стѣнкѣ сосуда или черезъ просвѣтъ между стѣнками и поршнемъ,—способъ, который можетъ, пожалуй, служить для относительныхъ опредѣленій,—и способъ измѣренія быстроты паденія сквозь столбъ изъ даннаго матерьяла шарика бо́льшей, чѣмъ онъ, плотности. Послѣдній способъ былъ примѣненъ Тамманномъ къ переохлажденнымъ пиперину и бетолу (взятъ былъ платиновый шарикъ въ 1 mm. діаметромъ) и Троутономъ съ Андрю-

сомъ—къ воску (взятъ былъ стальной велосипедный шарикъ, положеніе котораго опредѣлялось X-лучами).

Перечислимъ остальные способы.

Затуханіе крутильныхъ и вообще поперечныхъ колебаній. Это весьма интересное явленіе, имѣющее, между прочимъ, непосредственное отношеніе къ „звучности“ источниковъ звука, оказалось весьма мало подходящимъ для опредѣленія коэффиціента внутренняго тренія, какъ изъ за недостатковъ теоріи, такъ и изъ за того, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ самыми начальными стадіями движенія, далекими отъ стаціонарности.

Сдвиганіе. Одно изъ основаній тѣла закрѣпляется, другое перемѣщается параллельно ему; измѣряется угловая скорость сдвига.

Прогибаніе. Брусокъ съ задѣланными или свободно подпертыми концами нагружается по рединѣ; измѣряется быстрота прогиба середины.

Растягиваніе. Измѣряется быстрота удлиненія стержня, растягиваемаго грузомъ.

Сдавливаніе диска. Измѣряется быстрота уменьшенія высоты диска, подвергаемаго равномѣрному давленію.

Продавливаніе черезъ трубку. Измѣряется быстрота движенія осевыхъ частей или количество вещества, протекшаго чрезъ болѣе или менѣе узкую трубку подъ вліяніемъ болѣе или менѣе сильнаго давленія.

Вытягиваніе изъ трубки. Цилиндрическій стерженъ вытягивается изъ цилиндрической трубки, заполненной изучаемымъ веществомъ; такимъ образомъ здѣсь вмѣсто нормальныхъ давленій дѣйствуютъ тангенціальныя натяженія.

Закручиваніе простое или винтообразное. Цилиндрическій стержень, трубка или призма подвергаются дѣйствію постоянной пары силъ,—наблюдается быстрота закручиванія конца или какой нибудь точки стержня. При этомъ внѣшняя форма остается неизмѣнною, образующія превращаются въ винтовыя линіи, а радіусы остаются прямыми; и опытъ можетъ продолжаться произвольно долго. Методъ не годится для веществъ, измѣняющихъ свою форму подъ вліяніемъ собственнаго вѣса.

Закручиваніе спиралеобразное. Измѣряется быстрота измѣненія подъ вліяніемъ постоянной пары силъ угла

поворота цилиндра, заключеннаго въ концентрическій цилиндрическій сосудъ при заполненіи его изслѣдуемымъ матерьяломъ (на дно наливается ртуть). При этомъ образующія остаются прямолинейными, а радіусы образуются въ спирали. Опытъ можетъ длиться сколько угодно долго и особенно пригоденъ для веществъ, расплывающихся отъ собственнаго вѣса.

Наличность тѣхъ или другихъ недостатковъ въ перечисленныхъ методахъ указывается знаками + въ соотвѣтствующихъ мѣстахъ таблицы I.

ТАБЛИЦА I.

НЕДОСТАТКИ. / МЕТОДЫ.	Квази-стаціонарность.	Измѣненіе плотности.	Неоднородность деформаціи.	Ограниченность времени опыта.	Теоретическая неразработанность.
Затуханіе колебаній	+	—	+	—	+
Истеченіе черезъ отверстіе	+	+	+	+	+
Паденіе тѣла большей плотности	+	+	+	+	—
Сдвиганіе	—	—	—	+	—
Прогибаніе	—	+	+	+	+
Растягиваніе	—	+	—	+	+
Сдавливаніе диска	—	+	+	+	—
Продавливаніе черезъ трубку	—	+	+	+	—
Вытягиваніе изъ трубки	—	—	+	+	—
Закручиваніе винтообразное	—	—	+	—	—
Закручиваніе спиралеобразное	—	—	+	—	—

Такимъ образомъ, какъ число методовъ, такъ и достоинства ихъ, являются достаточными. Есть и рядъ численныхъ опредѣленій, но большинство изъ нихъ, однако, далеко нельзя считать удовлетворительными, а, главное,—сравнимыми между

собою. Причина этого заключается, съ одной стороны, въ почти полномъ отсутствіи сравнительныхъ опредѣленій по различнымъ способамъ, а, съ другой стороны,—въ томъ, что не всѣ авторы понимали одно и то же подъ коэффиціентомъ внутренняго тренія. Тѣ, кто считали сосуществующими упругія силы и силы внутренняго тренія, старались выдѣлить эти послѣднія и брали вмѣсто полной силы сопротивленія лишь часть ея. Авторы, не придерживавшіеся релаксаціонныхъ теорій, не заботились о стаціонарности движенія и вычисляли коэффиціентъ внутренняго тренія по бо́льшимъ скоростямъ, чѣмъ тѣ, которыя бы получились въ дальнѣйшемъ. Кромѣ того, коэффиціентъ внутренняго тренія очень сильно измѣняется отъ наличности примѣсей, отъ способа обработки и отъ температуры, при пониженіи которой онъ быстро увеличивается. Поэтому я ограничусь приведеніемъ лишь порядка значеній η для тѣхъ веществъ, для которыхъ этотъ порядокъ можно считать болѣе или менѣе извѣстнымъ.

ТАБЛИЦА II.

МАТЕРЬЯЛЪ.	Θ^0 C	η $\frac{\text{гр.}}{\text{см. сек.}}$
Переохлажденный бетолъ. . .	0	10^6
	50	10^2
Воскъ	10	10^6
20°/₀ растворъ желатины. . .	30	$10^7—10^8$
Варъ	10	$10^8—10^9$
Ментолъ . . . , ...	15	10^{12}
	35	10^{10}
Стекло	575	10^{13}
	700	10^{10}
Олово	20	10^{13}
Ледъ	— 10	10^{14}
	0	10^{13}
Канифоль	10	10^{16}
	40	10^{12}
Свинецъ . . , ...	20	$10^{14}-10^{16}$
Сталь	—	$10^{17}-10^{19}$

Замѣчу, что, чѣмъ больше коэффиціентъ внутренняго тренія и, вѣроятно, время релаксаціи, тѣмъ труднѣе добиться стаціонарнаго состоянія; для свинца, напр., приходится выжидать нѣскольких мѣсяцевъ. Изслѣдованіе усложняется, кромѣ того, вѣроятною зависимостью коэффиціента внутренняго тренія отъ быстроты деформаціи.

Такимъ образомъ, если даже ограничиваться тѣми конечными стадіями, тѣми стаціонарными состояніями, при которыхъ, въ сущности, только и имѣетъ значеніе опредѣлять коэффиціентъ внутренняго тренія, предъ будущимъ изслѣдователемъ лежитъ обширное и едва развѣданное поле для изысканій. Изслѣдованіе же начальныхъ стадій явленія можетъ дать матерьялъ для болѣе научнаго обоснованія теоріи сопротивленія матерьяловъ, чѣмъ тѣ, на которыхъ она, почти не вводя въ разсмотрѣніе вліянія времени покоится теперь. Особенную надежду слѣдуетъ, мнѣ кажется, возлагать при этомъ на релаксаціонную точку зрѣнія, обхватывающую, какъ явленія упругихъ силъ, такъ и явленія силъ внутренняго тренія. Эта точка зрѣнія имѣетъ и глубокій философскій интересъ, потому что она указываетъ на теоретическую возможность измѣрять время по утомляемости вещества, по его разслабленію съ теченіемъ времени при постоянствѣ деформаціи,—подобно тому, какъ мы судимъ о времени на основаніи утомляемости нашихъ чувствъ, на основаніи ослабленія (иногда, усиленія) впечатлѣній съ теченіемъ времени при постоянствѣ внѣшняго раздраженія.

Электричество и матерія.

Г-жи Кюри [1]).

Всматриваясь въ успѣхи, достигнутые въ области физики за послѣдніе десять лѣтъ, невольно поражаешься переворотомъ основныхъ представленій о природѣ электричества и матеріи. Этотъ переворотъ былъ вызванъ съ одной стороны изученіемъ электропроводности газовъ, а съ другой открытіемъ и изслѣдованіемъ явленій радіоактивности; переворотъ, о которомъ идетъ рѣчь, далеко еще не законченъ и обѣщаетъ въ недалекомъ будущемъ много новыхъ открытій.

Одно, что нынѣ, повидимому, прочно установлено, это — представленіе объ атомистическомъ строеніи электричества; это представленіе подтверждаетъ и дополняетъ нашъ взглядъ на атомистическое строеніе матеріи, служащій основаніемъ для химическихъ теорій.

Одновременно съ установленіемъ существованія атомовъ электричества, недѣлимыхъ располагаемыми нами средствами, были найдены и важнѣйшія свойства этихъ атомовъ. Атомы отрицательнаго электричества, которые мы называемъ электронами, могутъ существовать въ свободномъ состояніи, независимо отъ какихъ бы то ни было матеріальныхъ атомовъ и совершенно отличаясь отъ нихъ по свойствамъ: находясь въ этомъ состояніи, они имѣютъ нѣкоторое протяженіе въ пространствѣ и обладаютъ нѣкоторою инерціею; это подало мысль приписать имъ соотвѣтствующую массу. Опытъ показалъ, что размѣръ электрона слѣдуетъ считать малымъ по сравненію съ размѣрами матеріальныхъ частицъ, что масса электрона составляетъ

---

[1]) Les théorics modernes relatives à l'électricité et à la matière par M-me Curie, Chargée de cours à la Sorbonne. Leçon d'ouverture du cours de physique générale, professée à la Sorbonne le 5 Novembre 1906.

лишь малую часть (не больше 1/1000) массы атома водорода. Опытъ показалъ, что если электроны могутъ существовать изолированными, то они должны существовать также внутри обыкновенной матеріи и въ извѣстныхъ случаяхъ могутъ выдѣляться, тѣломъ, какъ напр. металломъ, при чемъ свойства послѣдняго не измѣняются замѣтнымъ образомъ. Если слѣд. мы будемъ считать электроны за форму матеріи, то обязаны допустить дѣленіе послѣдней далѣе атомовъ и принять существованіе особаго рода частичекъ чрезвычайно малыхъ, могущихъ входить въ составъ атома и отдѣляться отъ атома, не разрушая его непремѣнно. Послѣ всего сказаннаго естественно считать строеніе атома сложнымъ, что подтверждается сложностью спектровъ простыхъ тѣлъ.

Итакъ, мы имѣемъ очень опредѣленный образъ атомовъ отрицательнаго электричества. Нельзя того же сказать относительно положительнаго электричества. Между обоими электричествами, повидимому, существуетъ глубокая разница: положительное электричество является всегда въ соединеніи съ матеріальными атомами, и до сихъ поръ нѣтъ никакихъ основаній полагать, чтобы оно могло быть отдѣлено отъ нихъ.

Наши свѣдѣнія о матеріи также были расширены установленіемъ важнаго факта. Было открыто новое свойство матеріи, получившее названіе радіоактивности. Такъ называется способность атомовъ нѣкоторыхъ веществъ самопроизвольно выбрасывать изъ себя частички, изъ коихъ однѣ имѣютъ величину, сравнимую съ самими атомами, а другія суть электроны. Это свойство, которымъ въ слабой степени обладаютъ уранъ и торій, послужило къ открытію новаго химическаго элемента, радія, активность котораго чрезвычайно сильна.

Среди частичекъ, выбрасываемыхъ радіемъ, нѣкоторыя вылетаютъ съ громадными скоростями, и ихъ выбрасываніе сопровождается выдѣленіемъ значительнаго тепла. Слѣдовательно радіоактивное тѣло представляетъ собою источникъ энергіи.

Теорія, лучше всего объясняющая явленія радіоактивности, основывается на допущеніи, что въ активномъ тѣлѣ нѣкоторая часть атомовъ трансформируется въ извѣстный промежутокъ времени и, выбрасывая изъ себя электроны, порождаетъ атомы меньшаго атомнаго вѣса. Такимъ образомъ, мы допускаемъ превращеніе элементовъ, что составляетъ основаніе т е о р і и т р а н с-

формацiи. Но, дѣлая такое допущенiе, мы далеки отъ мечтанiй алхимиковъ, ибо мы сознаемъ свое безсилiе вызывать или влiять на это превращенiе.

Нѣкоторые факты какъ будто указываютъ на то, что радiоактивность въ большей или меньшей степени свойственна всякаго рода матерiи. Если такъ, то матерiя далеко не такъ неизмѣнна и инертна, какъ это мы полагали до сихъ поръ. Напротивъ, она непрерывно превращается, хотя это превращенiе и ускользаетъ отъ нашихъ чувствъ, вслѣдствiе своей сравнительной медленности.

Въ настоящей лекцiи я представлю обзоръ происхожденiя упомянутыхъ выше новыхъ представленiй и укажу нѣкоторые важные факты, на которыхъ они основываются.

Извѣстно, что въ началѣ истекшаго столѣтiя Кулонъ и Амперъ считали каждое изъ электричествъ за невѣсомую жидкость; силы, дѣйствующiя между частицами электрическихъ жидкостей, они считали за центральныя силы—отталкивательныя между частицами одной жидкости и притягательныя между частицами различныхъ жидкостей. Сила пропорцiональна электрическому заряду частицы и обратно-пропорцiональна квадрату разстоянiя. Отправляясь отъ этихъ данныхъ и истолковывая надлежащимъ образомъ результаты опыта, касающiеся различiя проводниковъ и дiэлектриковъ, мы приходимъ къ очень совершенной теорiи электростатическихъ явленiй. Аналогичную теорiю можно построить и для магнитизма, допуская, что законъ взаимодѣйствiя магнитныхъ полюсовъ совершенно тождественъ съ закономъ взаимодѣйствiя наэлектризованныхъ частицъ.

Теченiе электричества внутри проводника образуетъ электрическiй токъ. Для составленiя теорiи электромагнитныхъ и электродинамическихъ явленiй, необходимо ввести третiй законъ дѣйствiя на разстоянiи, а именно дѣйствiя между магнитнымъ полюсомъ и элементомъ тока—такъ называемый, законъ Лапласа.

Всѣ эти теорiи въ ихъ совокупности основываются слѣд. на законахъ о силахъ, дѣйствующихъ на разстоянiи, и на представленiи объ электрическихъ жидкостяхъ.

Фарадей, хотя и современникъ этого развитiя теорiи, взглянулъ на вопросъ съ совершенно иной точки зрѣнiя. Онъ не допускалъ возможности дѣйствiя на разстоянiи между наэлектри-

зованными тѣлами и полагалъ, что силы взаимодѣйствія между ними обусловливаются упругостью раздѣляющей ихъ среды— натяженіемъ по направленію силовыхъ линій и поперечнаго къ нимъ давленія. Стремясь доказать непосредственное вліяніе среды, онъ открылъ „діэлектрическую постоянную“, что подвердило его догадку о важной роли среды. Поверхность заряженнаго проводника Фарадей считалъ лишь поверхностью раздѣла области, гдѣ существуетъ электрическое поле, и области, гдѣ поля нѣтъ. Онъ былъ пораженъ невозможностью осуществить абсолютный зарядъ; электрическіе заряды представлялись ему лишь, какъ концы силовой трубки, проходящей діэлектрикъ.

Увлеченный идеями Фарадея, Максвелль поставилъ себѣ задачею перевести ихъ на языкъ математики. Онъ доказалъ, что съ математической точки зрѣнія теорія, основанная на дальнодѣйствіи, вполнѣ совмѣстима съ гипотезою Фарадея: приписывая надлежащія значенія натяженію и давленію, которыя Фарадей допускаетъ въ діэлектрикѣ, можно построить электростатику, тождественную съ тою, которая вытекаетъ изъ закона дѣйствія на разстояніи.

Хотя Максвелль не опредѣляетъ природу электричества, но онъ обращается съ нимъ, какъ съ жидкостью, перемѣщеніе коей въ проводникѣ вызываетъ сопротивленіе пропорціональное скорости теченія, тогда какъ перемѣщеніе въ діэлектрикѣ вызываетъ упругую реакцію. Слѣдовательно, въ діэлектрикѣ перемѣщеніе происходитъ лишь въ тотъ моментъ, когда измѣняется поле. Одно изъ важнѣйшихъ положеній Максвелля состоитъ въ томъ, что электрическое перемѣщеніе въ діэлектрикѣ образуетъ электрическій токъ, который онъ назвалъ токомъ перемѣщенія. Этотъ токъ обладаетъ свойствами обыкновеннаго тока, развивая вокругъ себя магнитное поле. Всякій незамкнутый токъ въ проводникѣ замыкается—по представленію Максвелля— токомъ перемѣщенія въ діэлектрикѣ; такимъ образомъ существуютъ одни только замкнутые токи.

Система шести дифференціальныхъ уравненій, называемыхъ уравненіями Максвелля, выражаетъ, какъ существующую въ каждой точкѣ электромагнитнаго поля связь между токомъ перемѣщенія и магнитнымъ полемъ, такъ и связь между измѣненіемъ со временемъ магнитной индукціи и вызываемымъ полемъ. Эти совершенно симметричныя отношенія показываютъ,

что всякое измѣненіе электрическаго поля вызываетъ образованіе магнитнаго поля и наоборотъ.

Выходя изъ этихъ уравненій, Максвелль установилъ, что всякое возмущеніе электромагнитнаго поля должно распространяться въ пустотѣ со скоростью равною скорости свѣта тоже въ пустотѣ. Отсюда Максвелль заключилъ, что среда, передающая электромагнитныя дѣйствія, тождественна со средою, передающею свѣтъ, который—по всей вѣроятности—электромагнитное явленіе. Это представленіе послужило основаніемъ для электромагнитной теоріи свѣта, принятой нынѣ всѣми послѣ опытовъ Герца и другихъ физиковъ съ электромагнитными волнами.

Въ развитіи идей Фарадея и Максвелля преобладающую роль играла діэлектрическая среда; вслѣдствіе этого, въ теченіе нѣкотораго времени, никто больше не думалъ о сущности электричества; это казалось вопросомъ второстепеннымъ. Никто не говорилъ ни объ электрическихъ зарядахъ, сосредоточенныхъ въ опредѣленномъ мѣстѣ, ни о жидкости, текущей въ проводникѣ. Говорили только объ энергіи, сосредоточенной въ діэлектрической средѣ, и о дифференціальныхъ уравненіяхъ, опредѣляющихъ измѣненія поля въ этой средѣ. Новѣйшія изслѣдованія заставили насъ вернуться къ болѣе конкретному представленію о сущности электричества.

Первый толчокъ въ этомъ направленіи былъ данъ изслѣдованіями электролиза и новѣйшими теоріями этого явленія. Было съ достовѣрностью установлено, что переносъ электричества въ электролитѣ всегда связанъ съ переносомъ матеріи. Электролиты суть водные растворы кислотъ, основаній и минеральныхъ солей или тѣ же тѣла въ расплавленномъ состояніи. Теперь принимаютъ, что частицы растворенного тѣла—всѣ или частью—диссоціированы на два іона: одинъ іонъ образованъ металломъ или водородомъ и заряженъ положительно, другой іонъ образованъ радикаломъ кислоты и заряженъ отрицательно. Если въ растворѣ развивается электрическое поле, іоны направляются къ противоположнымъ электродамъ, переносятъ чрезъ жидкость свои заряды, которые они уступаютъ электродамъ, и послѣ того дѣлаются свободными въ нейтральномъ состояніи. Слѣдовательно, іоны суть дѣйствительные носители электричества въ электролитахъ и самый токъ въ нихъ образуется переносомъ или конвекціею, а потому и называется конвектив-

ным ъ током ъ. Далѣе изъ законовъ Фарадея слѣдуетъ, что каждый одновалентный іонъ несетъ зарядъ q, соотвѣтствующій 966000 coul. на іонъ-граммъ, а n-валентный іонъ несетъ зарядъ nq. Такимъ образомъ въ электролизѣ нельзя себѣ представить заряда меньшаго того, который несетъ одновалентный іонъ, наприм., атомъ водорода въ состояніи іона. Атомное строеніе электричества слѣдуетъ непосредственно изъ атомнаго строенія матеріи.

A priori отнюдь не видно, чтобы это представленіе можно было обобщить и чтобы другіе случаи проводимости могли быть объясняемы такимъ же образомъ. Однако, къ этому стремятся. При изученіи электропроводности газовъ изъ теоріи электролиза была заимствована идея о заряженныхъ іонахъ—этихъ носителяхъ электричества. Всѣ явленія можно объяснить удовлетворительно, принимая, что токъ въ газахъ есть также конвективный токъ. Но здѣсь носители электричества не тождественны съ носителями въ электролитахъ. Принимаютъ, что частица газа, іонизируясь, даетъ два іона, изъ коихъ одинъ есть тотъ чрезвычайно малый элементъ, который мы назвали электрономъ, другой—остатокъ частицы (т. е. частица, лишенная электрона). Чрезвычайно остроумными способами сумѣли сосчитать іоны, помѣщающіеся въ опредѣленномъ объемѣ іонизированнаго газа, и опредѣлить зарядъ каждаго изъ нихъ въ отдѣльности. Этотъ зарядъ равенъ тому, который переноситъ атомъ водорода въ электролизѣ; такимъ образомъ онъ вторично представляется, какъ наименьшее количество электричества, могущее существовать изолированнымъ.

Всѣ явленія проводимости газа подъ вліяніемъ различныхъ радіацій или же явленія прерывнаго разряда, повидимому, объясняются этою теоріею іонизаціи газа.

Пробовали составить аналогичное объясненіе проводимости металловъ. По всей вѣроятности, что и токъ въ проводникѣ слѣдуетъ разсматривать, какъ конвективный токъ, при чемъ носителями электричества будутъ свободные іоны, содержащіеся въ металлѣ.

Такимъ образомъ мы приходимъ къ заключенію, что всякій электрическій токъ въ тѣлѣ есть конвективный токъ, т. е. перемѣщеніе электрическихъ зарядовъ. Съ другой стороны было доказано, что такое перемѣщеніе вызываетъ магнитное поле.

Существованіе атомовъ электричества, обнаруженное такимъ образомъ явленіями тока, играетъ существенную роль въ современныхъ теоріяхъ, наприм. въ теоріи Лоренца. Эта теорія сохраняетъ основную идею Фарадея и Максвелля, по которой электромагнитныя дѣйствія передаются отъ одного мѣста до ближайшаго въ непрерывной средѣ и съ опредѣленною скоростью. Эта среда есть эѳиръ, и скорость—скорость свѣта. Законы измѣненія электромагнитнаго поля въ эѳирѣ выражаются для каждой точки уравненіями Максвелля. Что касается причины, вызывающей электромагнитное поле, то мы ее ищемъ въ реальномъ существованіи атомовъ положительнаго и отрицательнаго электричества и въ движеніи этихъ атомовъ. Такимъ образомъ мы приходимъ къ представленію, очень напоминающему первоначальный образъ электрическихъ жидкостей; къ этому мы лишь присоединяемъ отчетливое представленіе объ атомномъ строеніи этихъ жидкостей и кромѣ того лучше знаемъ соотношеніе между атомами электричества и матеріи, соотношеніе, сущность котораго представляется одною изъ важнѣйшихъ современныхъ задачъ.

Атомъ электричества въ движеніи создаетъ вокругъ себя электромагнитное поле, которое его сопровождаетъ и представляетъ извѣстное количество энергіи тѣмъ большее, чѣмъ больше скорость заряженной частицы. Эту скорость слѣдоват. нельзя увеличить, не затрачивая энергіи; такимъ образомъ заряженная и движущаяся частица обладаетъ нѣкоторою инерціею. Но въ механикѣ инерція тѣла служитъ намъ мѣрою для его массы. Такимъ образомъ мы можемъ сказать, что нашъ атомъ электричества обладаетъ массою уже потому, что онъ заряженъ. Вычисленіе показываетъ, однако, что эта масса зависитъ отъ скорости. Она остается постоянною, пока скорость заряженной частицы сравнительно невелика (1/100 скорости свѣта), но для бóльшихъ скоростей она увеличивается; она очень быстро возростаетъ и стремится къ безконечности, когда скорость приближается къ скорости свѣта; послѣдняя есть слѣдов. предѣльная скорость, которую нельзя осуществить.

Можно думать, что группа атомовъ положительнаго и отрицательнаго электричествъ, сумма зарядовъ коихъ равна нулю, обладаетъ инерціею, обусловливаемою ихъ электрическими зарядами. Такая группа могла бы служить моделью для матері-

альнаго атома. Такимъ образомъ можно сдѣлать попытку основать болѣе общую механику, чѣмъ та, которою мы пользуемся и которая основана на постоянствѣ массы; эта послѣдняя была бы лишь первымъ приближеніемъ къ дѣйствительности и примѣненіе ея ограничивалось бы случаями движенія, въ которыхъ скорость не чрезвычайно велика. Были попытки объяснить всемірное тяготѣніе на основаніи предъидущихъ представленій. Совокупность этихъ усилій ведетъ къ сліянію представленія о матеріи съ представленіемъ объ электричествѣ; эти понятія можетъ быть отождествятся.

Строеніе, приписываемое атомамъ, позволяетъ создать удовлетворительную теорію лучеиспусканія свѣта и тепла тѣлами. Это лучеиспусканіе состояло бы изъ электромагнитныхъ волнъ короткихъ періодовъ, испускаемыхъ атомами, составляющіе іоны коихъ находятся въ колебаніяхъ.

Это же строеніе атомовъ очень пригодно для радіоактивныхъ атомовъ. Дѣйствительно они выбрасываютъ изъ себя частицы, которыя бываютъ то электронами, то частицами сравнимыми по величинѣ съ атомами.

Мы не будемъ дальше вдаваться въ область теорій, которыя я здѣсь намѣтила, и обратимся къ нѣкоторымъ явленіямъ, которыя послужили основаніемъ для ихъ развитія.

При обыкновенныхъ условіяхъ и при дѣйствіи слабаго электрическаго поля газы, какъ извѣстно, обладаютъ столь малою проводимостью, что считаются отличными изоляторами. Иначе, если газы подвергнуты нѣкоторымъ внѣшимъ дѣйствіямъ; такъ газъ дѣлается проводящимъ, когда онъ пронизывается рёнтгеновскими лучами. Вотъ заряженный электроскопъ, оканчивающійся дискомъ. Вы видите, что онъ не разряжается, по крайней мѣрѣ не разряжается быстро. Если же рёнтгеновскіе лучи пронизываютъ воздухъ, окружающій дискъ, то разрядъ происходитъ быстро. Нѣтъ надобности, чтобы лучи встрѣчали дискъ; достаточно, чтобы они проходили воздухъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ еще замѣтно электрическое поле заряженнаго электроскопа. Слѣдовательно, въ этомъ опытѣ газъ испытываетъ нѣкоторое измѣненіе, вслѣдствіе котораго онъ сталъ проводящимъ. Мы говоримъ, что газъ і о н и з и р о в а н ъ, и принимаемъ, что нѣкоторыя изъ его частицъ расщеплены лучами, при чемъ изъ

каждой частицы образовались два іона съ равными и противоположными зарядами. Подъ вліяніемъ электрическаго поля эти іоны приходятъ въ движеніе и при томъ тѣмъ болѣе быстрое, чѣмъ больше напряженіе поля: если напр. электроскопъ заряженъ положительно, то отрицательные іоны притягиваются къ нему и его разряжаютъ, а положительные іоны направляются въ противоположную сторону и нейтрализуютъ заряды, которые находятся на другомъ концѣ силовыхъ линій, выходящихъ изъ диска.

Если прекратить дѣйствіе лучей на газъ и не развивать электрическаго поля, то проводимость его сама собою исчезаетъ; мы скажемъ, что іоны возсоединились, образуя нейтральныя частицы.

Я только-что сказала, что въ газѣ существуютъ подвижные заряженные центры, которые приближаются къ диску электроскопа. Эти центры можно обнаружить слѣдующимъ опытомъ. Возьмемъ пластинку парафина; она не заряжена, что можно видѣть, приближая ее ко второму электроскопу; я покрываю этою пластинкою парафина дискъ перваго электроскопа, наэлектризованнаго положительно; затѣмъ заставляю нѣкоторое время дѣйствовать лучи; отрицательные іоны, направляются къ диску и останавливаются парафиномъ, который они не могутъ пройти; парафинъ заряжается отрицательно; отрицательный зарядъ парафиновой пластинки легко обнаружить, если приблизить ее къ незаряженному электроскопу.

Можно убѣдиться, что подъ дѣйствіемъ рёнтгеновскихъ лучей въ газѣ развивается ограниченное число іоновъ за данное время. Скорость разряда электроскопа можетъ быть измѣрена скоростью схожденія его золотыхъ листочковъ; эта скорость увеличивается вмѣстѣ съ зарядомъ электроскопа, что объясняется тѣмъ, что чѣмъ напряженнѣе поле, тѣмъ больше скорость іоновъ и тѣмъ меньше шансовъ къ тому, чтобы противоположные іоны возсоединялись при встрѣчахъ. Но для достаточно большого заряда скорость разряда уже не зависитъ отъ заряда и ее нельзя увеличивать; дѣло въ томъ, что тогда не происходитъ возсоединеній іоновъ, всѣ іоны служатъ для переноса электричества; тогда устанавливается т о к ъ н а с ы щ е н і я; онъ одинаковъ для даннаго напряженія лучей, какого бы знака ни былъ зарядъ электроскопа.

Выясняется важная разница въ свойствахъ положительныхъ и отрицательныхъ іоновъ; эту разницу легко обнаружить для газовъ пламени; эти газы іонизированы и проводятъ электричество; приближеніе пламени къ наэлектризованному электроскопу вызываетъ его разрядъ; прикосновеніе пламени излишне; достаточно, чтобы іоны образовались въ пространствѣ, до котораго простирается электрическое поле. Зарядъ электроскопа притягиваетъ къ себѣ изъ пламени противоположные іоны, которые его нейтрализуютъ; явленіе имѣетъ мѣсто, какого бы знака ни былъ зарядъ. Но если изолированное пламя помѣщено между обкладками конденсатора, то оно наклоняется къ отрицательной обкладкѣ; слѣд. это пламя заряжается положительно; это объясняется тѣмъ, что отрицательные іоны, образуемые въ пламени, гораздо меньше и потому болѣе подвижны, чѣмъ положительные; они, слѣдовательно, легче извлекаются изъ пламени и въ немъ всегда имѣется избытокъ положительнаго электричества.

Въ холодномъ газѣ скорости положительныхъ и отрицательныхъ іоновъ незначительны и при томъ мало различаются другъ отъ друга. Принимаютъ, что тогда іоны образованы скопленіемъ частицъ, группирующихся электростатическимъ притяженіемъ около заряженныхъ центровъ.

Въ извѣстныхъ случаяхъ разница между положительными и отрицательными іонами обнаруживается при самомъ ихъ образованіи. Поразительный тому примѣръ представляетъ, такъ называемое, явленіе Герца: нѣкоторые металлы, какъ цинкъ, заряженные отрицательно, теряютъ свои заряды, когда освѣщаются ультрафіолетовыми лучами; если же зарядъ положительный, то освѣщеніе не вызываетъ разряда.

Теперь, повидимому, доказано, что подъ дѣйствіемъ ультрафіолетоваго свѣта цинкъ и другіе легко окисляемые металлы сами собою испускаютъ электроны. Если это испусканіе производится въ пустотѣ, то въ электрическомъ полѣ электроны могутъ пріобрѣсти громадныя скорости и образуютъ катодные лучи, наблюдаемые въ круксовскихъ трубкахъ. Если же испусканіе происходитъ въ воздухѣ обыкновеннаго давленія, электроны окружаются скопленіями нейтральныхъ частицъ и образуютъ сравнительно мало подвижные іоны совершенно подобные отрицательнымъ іонамъ, развивающимся въ воздухѣ подъ вліяніемъ рёнтгеновскихъ лучей. Но въ обоихъ случаяхъ разрядъ одно-

сторонній: токъ происходитъ лишь въ томъ случаѣ, если освѣщаемый металлъ заряженъ отрицательно; ибо металлъ не будетъ испускать отрицательныхъ іоновъ, если ему сообщенъ положительный зарядъ, который притяженіемъ удерживаетъ эти іоны.

Итакъ мы видѣли, что подъ дѣйствіемъ нѣкоторыхъ лучей и подъ вліяніемъ горѣнія газы становятся проводниками; извѣстно, что и помимо этихъ дѣйствій газъ перестаетъ быть изоляторомъ для достаточно напряженнаго электрическаго поля. Въ этомъ заключаются давно извѣстныя, но долго остававшіяся необъяснимыми явленія разряда—искра, тихій разрядъ и вольтова дуга въ воздухѣ обыкновеннаго давленія, а также разнообразныя формы разряда въ разрѣженномъ воздухѣ. Теорія газовыхъ іоновъ дала объясненіе этому роду разряда.

Изслѣдованія послѣдняго времени позволяютъ объяснить явленія прерывнаго разряда, допуская, что іоны, которые подъ дѣйствіемъ электрическаго поля пріобрѣли достаточную скорость, ударяютъ встрѣчаемыя частицы и іонизируютъ ихъ. Отрицательные іоны, гораздо болѣе сильные іонизаторы, чѣмъ положительные іоны, и потому могутъ, какъ таковые, дѣйствовать въ болѣе слабомъ полѣ. Понятно, что іоны размножаются отъ ударовъ уже существующихъ, и проводимость газа можетъ стать значительнымъ въ достаточно напряженномъ полѣ. Тогда іонизированный газъ свѣтится.

Катодные лучи, развивающіеся въ разрѣженномъ газѣ, когда по немъ проходитъ разрядъ, образуются электронами, выбрасываемыми катодомъ. Такъ какъ электроны и положительные іоны обладаютъ различными свойствами, то разрядная трубка представляетъ въ различныхъ своихъ мѣстахъ извѣстныя особенности, которыя повидимому объясняются теоріею іоновъ; другія теоріи и не пытались этого дѣлать.

Рёнтгеновскіе лучи, испускаемые круксовскою трубкою, разсматриваются какъ кратковременныя электромагнитныя волны; такія волны могутъ испускаться электрономъ при каждомъ внезапномъ его ускореніи, напр. когда электроны металла приводятся въ колебанія ударомъ катодныхъ лучей.

Изъ всего предъидущаго слѣдуетъ, что проводящій газъ содержитъ заряженные центры, которые мы называемъ іонами. Присутствіе этихъ центровъ можетъ быть обнаружено очень инте-

реснымъ опытомъ, основаннымъ на ихъ свойствѣ способствовать осѣданію насыщеннаго водяного пара.

Если данная масса насыщеннаго пара внезапно расширяется, то онъ становится пересыщеннымъ; впрочемъ, если сосудъ не содержитъ пыли, и если пересыщеніе незначительно, то осѣданія не наблюдается, и паръ остается прозрачнымъ. Если же паръ содержитъ іоны, то осѣданіе вызывается легче, т. е. при меньшемъ расширеніи. Легко такъ регулировать расширеніе, чтобы оно не сопровождалось осѣданіемъ, когда паръ не іонизированъ, и чтобы въ немъ происходило обильное осѣданіе, когда онъ іонизированъ. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ осѣданіе сопровождается образованіемъ густого тумана, наполняющаго весь сосудъ. Изученіе этого явленія показало, что капельки воды, составляющія туманъ, образуются на іонахъ, изъ которыхъ каждый служитъ центромъ для одной капельки. Съ помощью остроумныхъ опытовъ можно сосчитать капельки, находящіяся въ кубическомъ центиметрѣ тумана, и такимъ образомъ найти число іоновъ въ этомъ объемѣ. Измѣряя кромѣ того полный зарядъ іоновъ каждаго знака, находящихся въ томъ же объемѣ, можно опредѣлить зарядъ каждаго отдѣльнаго іона, иначе говоря—зарядъ электрическаго атома. Этотъ зарядъ равенъ $3{\cdot}4.10^{-10}$ электростатическихъ единицъ.

Обратимся теперь къ главнѣйшимъ фактамъ, установленнымъ изученіемъ радіоактивныхъ тѣлъ, и разсмотримъ ихъ съ точки зрѣнія атомистическихъ превращеній этихъ тѣлъ.

Между радіоактивными элементами одни представляются намъ неизмѣнными (уранъ, торій, радій, актиній), другіе мало помалу теряютъ свою активность (полоній). Наиболѣе могущественный представитель радіоактивныхъ тѣлъ съ постоянною активностью есть радій. Въ теоріи трансформаціи принимаютъ, что это тѣло трансформируется очень медленно, такъ что данная масса радія уменьшается до половины лишь чрезъ нѣсколько тысячъ лѣтъ; въ теченіе часа грамъ радія теряетъ совершенно недоступную нашему наблюденію массу. Впрочемъ, грамъ радія самопроизвольно выдѣляетъ въ теченіе часа около 100 gr.-cal. тепла. Такое выдѣленіе тепла громадно; дѣйствительно въ теченіе предполагаемаго существованія радія, полная трансформація грама радія сопровождается выдѣле-

леніемъ такого же количества тепла, какое даетъ тонна угля при сгораніи. Итакъ, трансформація радія, если таковая имѣетъ мѣсто, не можетъ быть разсматриваема, какъ обыкновенный химическій процессъ между атомами: количество выдѣляемой теплоты совершенно иного порядка. Скорѣе можно думать, что измѣненія происходятъ въ самихъ атомахъ, такъ какъ для образованія атомовъ, вѣроятно, затрачивается значительное количество тепла.

Замѣтимъ еще, что радіоактивность носитъ на себѣ несомнѣнный отпечатокъ атомности, который былъ обнаруженъ въ самомъ началѣ изслѣдованій въ этой области. Именно увѣренность, что мы имѣемъ дѣло съ атомнымъ явленіемъ, привела насъ—моего мужа и меня—къ открытію радія. Если радіоактивность не можетъ быть отдѣлена отъ атома, то ее трудно приписать чему-либо иному, кромѣ самого атома.

Производимыя радіемъ дѣйствія очень сильны, если замѣтить какъ малы массы этого вещества, съ которыми мы дѣлаемъ наши опыты. Мы имѣемъ тутъ непрерывное и самопроизвольное излученіе, подобное тому, какое даетъ круксовская трубка; эти лучи вызываютъ такую же іонизацію газовъ; такъ они очень быстро разряжаютъ электроскопъ. Энергія лучей столь велика, что разрядъ можетъ быть вызванъ чрезъ толстую металлическую оболочку, которую они при этомъ пронизываютъ.

Нѣкоторые изъ этихъ лучей образуются наэлектризованными частицами, движущимися съ большими скоростями. Однѣ изъ этихъ частицъ заряжены положительно и размѣры ихъ сравнимы съ размѣрами атомовъ; другія суть электроны, отрицательный зарядъ коихъ можетъ быть обнаруженъ прямымъ опытомъ. Если предположимъ, что всѣ эти частицы выходятъ изъ самаго атома радія, то трудно отказаться отъ мысли, что выдѣленіе положительной частицы не влечетъ за собою глубокаго измѣненія атома, который ее выдѣлитъ.

Среди выброшенныхъ электроновъ встрѣчаются такіе, скорость коихъ громадна, до 9/10 скорости свѣта. Было найдено, что масса электрона тѣмъ больше, чѣмъ больше его скорость; это подтверждаетъ теорія, по которой масса электрона есть результатъ электромагнитныхъ явленій.

Энергія лучей радія проявляется также и тѣмъ, что она способна вызывать свѣченіе нѣкоторыхъ фосфоресцирующихъ

веществъ. Впрочемъ, соли радія свѣтятся сами по себѣ, и при извѣстныхъ обстоятельствахъ свѣтъ ихъ очень замѣтенъ.

Вотъ новый рядъ фактовъ, который очень легко объясняется въ теоріи радіоактивныхъ трансформацій. Радій непрерывно выдѣляетъ радіоактивное вещество, которое имѣетъ свойства газа, названнаго эманаціею. Воздухъ, долго остававшійся въ соприкосновеніи съ растворомъ соли радія, насыщенъ эманаціею. Такой воздухъ хорошо проводитъ электричество. Стеклянная трубочка съ эманаціею дѣйствуетъ во внѣ, какъ радіоактивное тѣло; она, напримѣръ, разряжаетъ наэлектризованный электроскопъ. Если эманацію перевести въ сосудъ съ сѣрнистымъ цинкомъ, послѣдній ярко свѣтится. Эманація есть неустойчивый газъ; даже въ запаянномъ сосудѣ эманація самопроизвольно разрушается по неизмѣнному закону; масса эманаціи уменьшается до половины въ теченіе около четырехъ сутокъ. Эманація обладаетъ свойствомъ сообщать радіоактивность всѣмъ тѣламъ, съ которыми она соприкасается. Эти тѣла обладаютъ тогда, такъ называемою, наведенною активностью. Вотъ трубочка, которая содержала эманацію, но затѣмъ была промыта токомъ воздуха; тѣмъ не менѣе она продолжаетъ дѣйствовать, какъ радіоактивное тѣло, и все еще можетъ разрядить электроскопъ. Но наведенная радіоактивность еще менѣе продолжительна, чѣмъ эманація; она сама по себѣ исчезаетъ и уменьшается до половины менѣе, чѣмъ въ полчаса.

Въ теоріи атомистической трансформаціи эманація радія есть первый членъ распаденія атома этого тѣла, и въ свою очередь превращается; наведенная радіоактивность, которую она порождаетъ, считается твердымъ веществомъ, происходящимъ отъ трансформаціи эманаціи. Каждая трансформація сопровождается испусканіемъ лучей; выброшенныя частицы также считаются въ числѣ получаемыхъ продуктовъ.

Впрочемъ, наведенная активность не исчезаетъ совершенно, но даетъ остатокъ, сохраняющійся въ теченіе годовъ; его объясняютъ новыми членами ряда послѣдовательныхъ трансформацій.

Затѣмъ былъ открытъ новый фактъ огромной важности, который подтверждалъ теорію трансформаціи радіоактивныхъ тѣлъ и дѣлалъ ее почти необходимою. Было доказано, что радій, химическій элементъ вполнѣ опредѣленный, непрерывно произво-

дить другой вполнѣ опредѣленный химическій элементъ—гелій (Рамзай и Содди). Можно принять, что гелій составляетъ одинъ изъ продуктовъ распаденія атомовъ радія; слѣдуетъ замѣтить, что гелій встрѣчается во всѣхъ радіоносныхъ рудахъ.

Теорія трансформацій была распространена на всѣ радіоактивныя тѣла, и естественно возникъ вопросъ, не могутъ-ли эти тѣла, которыя считались первичными, происходить одно отъ другого. Такимъ образомъ происхожденіе самого радія стали искать въ уранѣ.

Извѣстно, что радій находится въ урановыхъ рудахъ; послѣднія изслѣдованія показываютъ, что отношеніе между ураномъ и радіемъ одно и то же во всѣхъ рудахъ. Слѣдовательно, можно думать, что уранъ есть вещество-мать, которое, разрушаясь съ крайнею медленностью, порождаетъ радій и послѣдующіе продукты. Кромѣ того доказано, повидимому, что послѣдній членъ радіоактивнаго ряда есть полоній. Напомню, что радіоактивныя свойства были открыты Беккерелемъ въ уранѣ и что полоній было первое новое вещество, открытое при помощи явленія радіоактивности.

Рядъ подобныхъ же соображеній примѣняется къ другому радіоактивному веществу, къ торію. Въ этомъ случаѣ мы имѣемъ торій въ качествѣ первичнаго вещества, порождающаго радіоторій, недавно открытое тѣло, затѣмъ газообразную эманацію и различные продукты, наведенная активность коихъ обусловливается этою эманаціею.

Актиній даетъ рядъ трансформацій во всѣхъ отношеніяхъ сходныхъ съ трансформаціями торія; онъ также порождаетъ гелій.

Всѣ радіоактивныя вещества, исчезновеніе которыхъ было достаточно изучено, обнаруживаютъ законъ уменьшенія, характеризуемый постояннымъ коэффиціентомъ, напримѣръ, временемъ, въ теченіе котораго активность вещества уменьшается до половины. Эти постоянныя оказываются независимыми отъ условій опыта, онѣ могутъ характеризовать соотвѣтствующее вещество и, повидимому, могутъ служить абсолютными эталонами времени. Такимъ образомъ эманація радія уменьшается до половины въ четверо сутокъ, тогда какъ эманація торія уменьшается до половины въ теченіе минуты и эманація актинія—въ четыре секунды.

Выше я сказала, что радіоактивность, повидимому, есть общее свойство вещества. Если теорія радіоактивныхъ превращеній будетъ постоянно пріобрѣтать довѣріе, то слѣдствія ея будутъ имѣть большое значеніе для геологіи; изслѣдованіемъ отношенія составныхъ частей горныхъ породъ можно будетъ установить степень ихъ родства.

Итакъ, гипотеза трансформацій имѣетъ важное примѣненіе къ наукѣ о радіоактивности въ настоящемъ ея развитіи. Эта гипотеза была указана моимъ мужемъ и мною въ самомъ началѣ изслѣдованій радіоактивныхъ явленій. Но своимъ развитіемъ она особенно обязана Рутерфорду и Содди, которымъ она поэтому обыкновенно и приписывается.

Однако, мнѣ кажется, что не слѣдуетъ оставлять положительныхъ фактовъ и терять изъ вида другихъ возможныхъ объясненій. Современное состояніе науки не таково еще, какъ мнѣ кажется, чтобы можно было высказаться рѣшительно.

Въ заключеніе я укажу на значеніе радіоактивныхъ явленій вообще. Въ физикѣ радіоактивныя тѣла, благодаря испускаемымъ ими лучамъ, даютъ новое средство для изслѣдованій, они много способствовали развитію теоріи проводимости газовъ и изученію свойствъ электрона. Вслѣдствіе многочисленныхъ химическихъ и физіологическихъ свойствъ, а также возможнаго вліянія на метеорологическія условія, эти тѣла расширяютъ свою сферу дѣйствія въ область всѣхъ естественныхъ наукъ; можно думать, что вліяніе ихъ на развитіе науки будетъ постепенно возростать. Наконецъ, нѣтъ ничего невозможнаго въ предположеніи, что получаемая нами отъ солнца энергія обусловливается отчасти или даже вполнѣ присутствіемъ на немъ радіоактивныхъ тѣлъ.

Телефотографія.

А. Корна[1]).

Мм. Гг.

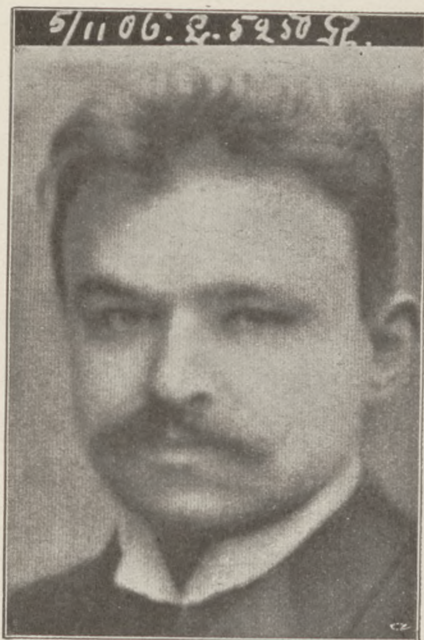
Задача передачи фотографіи по телеграфу можетъ быть формулирована такъ: какъ по данной фотографіи, предъявленной на станціи отправленія, воспроизвести ее при помощи телеграфной или телефонной проволокъ на станціи назначенія. Многіе физики брались за эту задачу, но они сразу задавались очень большими замыслами, они хотѣли мгновенно видѣть то, что происходитъ на отдаленномъ разстояніи. Они хотѣли разрѣшить вопросъ о видѣніи на разстояніи раньше, чѣмъ былъ рѣшенъ болѣе скромный вопросъ о телефотографіи. Для видѣнія на разстояніи было-бы необходимо передать изображеніе отдаленной картины въ теченіе примѣрно одной трети секунды; для передачи-же на разстояніе фотографіи можно потратить времени значительно больше. Въ послѣднемъ случаѣ передаются послѣдовательно небольшіе элементы даннаго снимка; однако, и здѣсь время передачи не должно превосходить нѣкотораго предѣла, дабы расходы по найму проводника не сдѣлались-бы чрезмѣрными. Можно сказать, что въ настоящее время задача электрической телефотографіи рѣшена практически, ибо снимки размѣромъ въ 13×24 cm^2 уже передаются съ достаточною ясностью, въ теченіе отъ 6 до 12 минутъ, на разстояніе тысячъ километровъ.

Какъ мы уже сказали, нельзя передать одновременно весь снимокъ; телеграфируютъ послѣдовательно лишь отдѣльные его элементы, а потому ясно, что воспроизведеніе его будетъ тѣмъ строже и отчетливѣе, чѣмъ больше будетъ избрано такихъ эле-

---

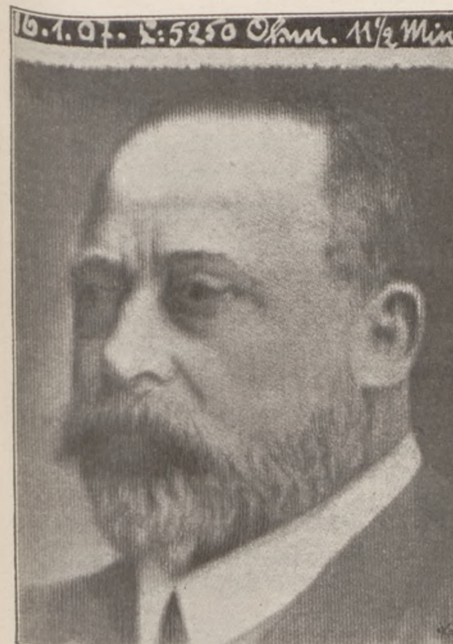
[1]) Лекція, прочитанная проф. А. Корномъ въ Парижѣ въ редакціи L'Illustration, 1 февраля 1907 г. L'Illustration, Février 1907.

Телефотографія по способу проф. А. Корна.



Проф. А. Корнъ.

Искусственная линія съ сопротивленіемъ въ 5250 омовъ.



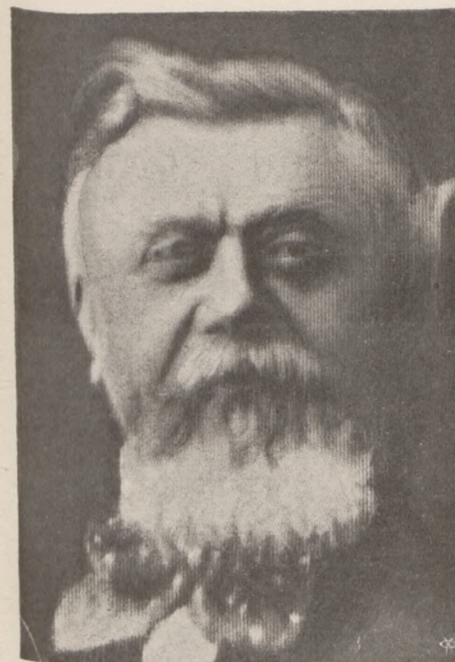
Англійскій Король Эдуардъ VII.

Искусственная линія въ 5250 омовъ.



Кронпринцъ Германскій.

Искусственная линія съ сопротивленіемъ въ 5300 омовъ.



Президентъ Французской республики Фалльеръ.

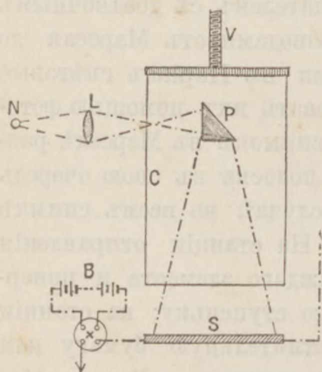
Телефонная линія Парижъ-Ліонъ-Парижъ въ 1024 километра.

ментовъ. Чтобы вы меня лучше поняли, я проведу аналогію на примѣрѣ зажиганія электрической лампы. Для этого вы поворачиваете выключатель и замыкаете цѣпь электрическаго тока, который проходитъ черезъ волокно лампы и нагрѣваетъ его до накаливанія. Но для этого нѣтъ надобности, чтобы выключатель находился по близости отъ лампы; можно повернуть выключатель въ Марселѣ, чтобы зажечь лампу въ Парижѣ, лишь бы въ нашемъ распоряженіи были соотвѣтственные провода. Существуютъ также и такіе выключатели, помощью которыхъ можно заставить данную лампу горѣть болѣе ярко или болѣе тускло; въ послѣднемъ случаѣ вводится въ цѣпь меньшее или большее сопротивленіе. Такимъ выключателемъ съ добавочнымъ сопротивленіемъ, реостатомъ, и съ проводами отъ Марселя до Парижа можно передавать изъ Марселя въ Парижъ свѣтовые сигналы разной яркости и зарегистрировать ихъ помощью фотографіи. Вообразимъ себѣ, что данный снимокъ въ Марселѣ раздѣленъ на сто полосокъ, и что каждая полоска въ свою очередь раздѣлена на сто частей; въ такомъ случаѣ во всемъ снимкѣ будетъ 10000 маленькихъ элементовъ. На станціи отправленія остается измѣрить среднюю яркость каждаго элемента и повернуть ручку реостата на соотвѣтственную ступеньку; на станціи назначенія нужно раздѣлить свѣточувствительную бумагу или пленку, на которой должна быть воспроизведена телефотографія, также на 10000 элементовъ, и сверхъ того нужно позаботиться, чтобы каждый свѣтовой сигналъ, идущій изъ Марселя, попадалъ на одинъ маленькій квадратъ преемника въ теченіе промежутка времени одинаковаго для всѣхъ элементовъ. При такихъ условіяхъ можно было-бы воспроизводить послѣдовательно квадратикъ за квадратикомъ съ соотвѣтственною каждому изъ нихъ среднею яркостью и составить въ концѣ концовъ цѣлую картину.

Хотя въ этомъ описаніи заключается принципъ любого электрическаго телефотографированія, однако, подобный способъ на практикѣ не имѣлъ-бы никакого успѣха. Въ самомъ дѣлѣ, для передачи одного свѣтового сигнала нужно около 5 секундъ, а для передачи 10000 сигналовъ потребовалось-бы 50000 секундъ, т. е. 14 часовъ непрерывной работы! Для достиженія практическихъ цѣлей, очевидно, это не годится; тутъ нужна автоматическая и очень быстрая работа.

Мы знаемъ, однако, одинъ фактъ огромной важности. Природа одарила насъ инструментомъ, помощью котораго легко автоматически измѣрять яркость каждаго элемента даннаго снимка, и который очень подходитъ для нашей цѣли. Это—металлоидъ селенъ, близкій по своимъ свойствамъ къ сѣрѣ. Онъ былъ открытъ давно, при постройкѣ трансатлантическаго кабеля, и уже тогда замѣтили, что его сопротивленіе электрическому току уменьшается, когда на него падаютъ лучи свѣта. Воспользовавшись этимъ свойствомъ селена, мы придали нашей станціи отправленія слѣдующій простой видъ.

Мы навернули прозрачный діапозитивъ, сдѣланный съ оригинальнаго снимка на гибкой пленкѣ, на стеклянный цилиндръ *C* (фиг. 1), вблизи котораго помѣстили лампочку Нернста *N* и собирательную чечевицу *L*. Свѣтовой пучекъ проходитъ черезъ діапозитивъ и цилиндръ, попадаетъ на призму *P* съ полнымъ внутреннимъ отраженіемъ и выходитъ изъ цилиндра *C* на селеновый препаратъ *S*. Когда мы посылаемъ токъ отъ батареи *B* черезъ селенъ *S*, то токъ этотъ становится тѣмъ сильнѣе, чѣмъ ярче свѣтитъ на него лучъ свѣта, прошедшій черезъ діапозитивъ. Цилиндръ *C* вертится и перемѣщается вертикально при помощи винта *V* и особаго электромотора, и такимъ образомъ всѣ элементы діапозитива послѣдовательно освѣщаются лампою *L* и даютъ среднюю яркость на препаратѣ селена *S*, а электрическіе токи, проходя черезъ него, непрерывно мѣняютъ свою силу, сообразно распредѣленію свѣта и тѣней на діапозитивѣ.



Станція отправленія.
Фиг. 1.

На станціи назначенія нужно употребить въ дѣло приходящіе со станціи отправленія токи разной силы и съ ихъ помощью постепенно воспроизвести оригинальный фотографическій снимокъ. Въ своей основѣ эта задача не трудна. Предположимъ, что воспринимающая свѣточувствительная пленка, на которой должна быть воспроизведена копія данной фотографіи, навернута на цилиндрѣ, подобномъ цилиндру *C* станціи отправленія, и вращается съ совершенно такою-же скоростью, и

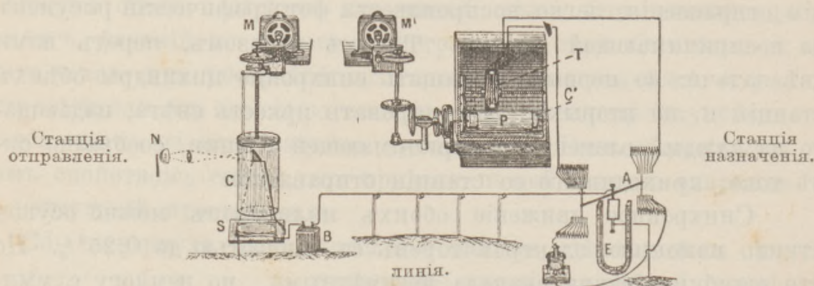
пусть сконцентрированные чечевицею лучи свѣта падаютъ на эту пленку. Устроивъ на пути этихъ лучей затворъ, величина отверстія котораго регулируется силою тока, идущаго отъ станціи отправленія, легко воспроизвести фотографическій рисунокъ на воспринимающей пленкѣ. Такимъ образомъ, передъ нами двѣ задачи: во первыхъ, вращать синхронно цилиндры обѣихъ станцій и, во вторыхъ, урегулировать яркость свѣта, падающаго на каждый элементъ воспринимающей пленки, сообразно силѣ тока, приходящаго со станціи отправленія.

Синхронное движеніе обоихъ цилиндровъ можно осуществить помощью электромоторовъ съ точностью до $0{,}25^0/_0$. Но эти ошибки, будучи сначала незамѣтными, по немногу суммируются и достигаютъ замѣтной величины, вслѣдствіе чего всегда необходимо умѣть исправлять ихъ послѣ каждаго оборота цилиндровъ. Мы употребляемъ для этого весьма простой пріемъ. Мы вращаемъ цилиндръ на станціи назначенія на $1^0/_0$ быстрѣе, чѣмъ цилиндръ на станціи отправленія, и послѣ каждаго оборота особымъ крючкомъ, мы автоматически останавливаемъ цилиндръ станціи назначенія, пока цилиндръ станціи отправленія его не нагонитъ. Этотъ моментъ отмѣчается автоматическимъ сигналомъ, который отбрасываетъ въ сторону крючекъ, останавливающій цилиндръ станціи назначенія, и этотъ послѣдній снова продолжаетъ свое вращеніе.

Итакъ, вопросъ о синхронизмѣ движенія цилиндровъ не составляетъ истинной трудности въ этой задачѣ, она лежитъ въ регулированіи яркости свѣта на станціи назначенія сообразно съ силою токовъ, текущихъ въ телеграфной линіи. Я покажу прежде всего, какъ я принялся за эту задачу и какъ я достигъ постепенно извѣстнаго совершенства.

Вотъ схема первоначальной методы. Слѣва находится станція отправленія; справа—станція назначенія. Цилиндръ C', около котораго навернута воспринимающая пленка P, вращается синхронно съ цилиндромъ C станціи отправленія, на которомъ навернутъ діапозитивъ съ оригинала. Свѣтъ лампочки Нернста N, сконцентрированный чечевицею на одномъ элементѣ оригинала, проходитъ черезъ діапозитивъ и стеклянный цилиндръ C и падаетъ на призму P и препаратъ селена S. Токъ отъ баттареи B идетъ черезъ селенъ на станцію назначенія. Нужно теперь урегулировать яркость лучей источника свѣта, падающихъ

на воспринимающую пленку сообразно силѣ токовъ, приходящихъ со станціи отправленія. Я употреблялъ въ моихъ пер-



Первоначальные аппараты проф. А. Корна.

Фиг. 2.

выхъ аппаратахъ въ качествѣ источника свѣта трубку Тесла, свѣтящуюся при дѣйствіи на нее перемѣнныхъ токовъ; я ее покрывалъ воскомъ и черною бумагою, за исключеніемъ маленькаго оконца, черезъ которое лучи ея могли проникать наружу и оставлять слѣдъ элемента на чувствительной пленкѣ. Если свѣточувствительная пленка вращается синхронно съ движеніемъ діапозитива станціи отправленія, то на ней должна получиться требуемая телефотографія.

Первыя болѣе или менѣе удачныя телефотографіи были мною получены весною 1904 г. при помощи описанныхъ сейчасъ аппаратовъ на телефонной линіи Мюнхенъ—Нюрнбергъ—Мюнхенъ. Онѣ требовали около 40 минутъ на каждую репродукцію.

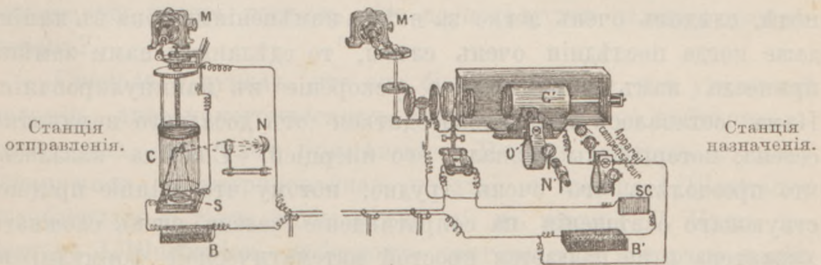
Хотя это время и значительно, но все же это былъ первый успѣхъ на новомъ пути, и онъ позволялъ уже надѣяться на практическіе результаты, при условіи сокращенія времени передачи и улучшенія свѣтовыхъ тоновъ телефотографій.

Моя метода имѣла слѣдующіе два недостатка. Она была слишкомъ медленна, во-первыхъ, потому что стрѣлка гальванометра, измѣрявшаго токъ на линіи, не достаточно быстро слѣдила за его измѣненіями; во-вторыхъ, потому что селенъ обладалъ своего рода инерціей, и его сопротивленіе не мѣнялось мгновенно съ измѣненіемъ яркости освѣщавшихъ его лучей.

Послѣ того какъ на селенъ дѣйствовали въ теченіе нѣкотораго времени лучи, прошедшіе черезъ свѣтлыя мѣста діапозитивовъ, онъ не имѣлъ своего начальнаго сопротивленія въ темнотѣ. Вслѣдствіе этого очень свѣтлыя мѣста оригинала передавались свѣтло, а очень черныя—темно, что вредило правильности тоновъ на переданныхъ телефотографіяхъ. Пока передача шла медленно, около 40 минутъ, очень большія ошибки на инерцію селена время отъ времени можно было исправлять, но когда мы увеличили скорость передачи, эти ошибки давали себя чувствовать все больше и больше. Въ теченіе 1905 г. я уменьшилъ это время до 24 и даже до 12 минутъ, и на такихъ телефотографіяхъ вліяніе инерціи селена весьма замѣтно.

Такимъ образомъ мою методу нужно было совершенствовать въ двухъ направленіяхъ: ускорить передачу, замѣнивъ гальванометръ со стрѣлкою болѣе быстрымъ инструментомъ, и побѣдить инерцію селена. Съ обоими недостатками нужно было бороться одновременно, и мы сейчасъ увидимъ, какъ мы ихъ устранили.

На фиг. 3-ьей представлена схема моихъ аппаратовъ въ



Теперешніе аппараты проф. Корна.
Фиг. 3.

ихъ современномъ видѣ. Налѣво находится станція отправленія; она остается такою-же, какъ я ее описалъ немного раньше: *C*—вращающійся цилиндръ съ оригинальною фотографіей; *M*—синхронный электромоторъ; *N*—лампочка Нернста; *S*—препаратъ селена; *B*—баттарея, токъ которой все время циркулируетъ черезъ селенъ и черезъ станцію назначенія, гдѣ на цилиндрѣ *C′* воспроизводится телефотографія. Цилиндры *C* и *C′* вращаются синхронно по прежнему, но регулировка яркости свѣта, падающаго на чувствительную пленку станціи назначенія, су-

щественно измѣнена. Здѣсь свѣтъ идетъ отъ лампы Нернста N' черезъ собирательную чечевицу, а на его пути находится затворъ, состоящій изъ алюминіевой пластинки. Онъ пропускаетъ больше или меньше свѣта въ зависимости отъ силы тока въ линіи. Пластинка затвора прикрѣплена къ двумъ натянутымъ проволокамъ между полюсами электромагнита; токъ отъ баттареи B проходитъ по этимъ проволокамъ, вслѣдствіе чего онѣ отклоняются магнитнымъ полемъ сильнѣе или слабѣе, въ зависимости отъ измѣненія силы тока въ линіи. Теперь между станціями отправленія и назначенія сходства стало больше. Мы имѣемъ на обѣихъ станціяхъ два синхронно вращающихся цилиндра; на одномъ изъ нихъ помѣщена оригинальная фотографія, а на другомъ чувствительная пленка для ея репродукціи; когда лучъ свѣта проходитъ черезъ оригинальную фотографію въ ея прозрачномъ мѣстѣ, то соотвѣтственный элементъ пленки на станціи назначенія получаетъ много свѣта черезъ большое отверстіе въ затворѣ, образуемое значительнымъ отклоненіемъ алюминіевой пластинки подъ вліяніемъ сильнаго тока въ линіи.

Такъ какъ этотъ струнный гальванометръ, т. е. описанныя сейчасъ проволоки съ алюминіевой пластинкою въ магнитномъ полѣ, слѣдитъ очень легко за всѣми измѣненіями тока въ линіи, даже когда послѣднія очень слабы, то сдѣланная нами замѣна принесла намъ значительное ускореніе въ манипулированіи. Намъ оставалось лишь освободиться отъ досаднаго недостатка селена, который мы назвали его инерціей. Сначала казалось, что преодолѣть его очень трудно, потому что вліяніе предшествующаго освѣщенія на сопротивленіе селена очень сложнаго характера и не поддается простой математической формулировкѣ. Тогда намъ пришла въ голову слѣдующая мысль: коль скоро селенъ приноситъ намъ непріятныя ошибки, то онъ-же долженъ служить и для ихъ уничтоженія. Съ этою цѣлью мы ввели на станціи назначенія второй препаратъ селена SC. Подъ вліяніемъ токовъ на линіи онъ долженъ вносить въ аппараты тѣ-же ошибки на инерцію, которыя вноситъ селенъ на станціи отправленія, но въ обратномъ направленіи, а потому такія двѣ ошибки должны уравновѣситься. Это приспособленіе я называю селеномъ-компенсаторомъ, и ему именно обязаны мои успѣхи прошлаго года.

Надѣюсь, что я достаточно разъяснилъ принципы телефотографіи. Въ бо̀льшія техническія подробности я не стану

входить изъ опасенія утомить ваше вниманіе; это тѣмъ болѣе простительно, что мои аппараты работаютъ предъ вами и дѣлаютъ мои дальнѣйшія объясненія излишними. Поэтому я перехожу къ характеристикѣ полученныхъ мною результатовъ. Мы можемъ при помощи нашихъ аппаратовъ посылать теперь фотографіи размѣромъ въ 13×24 cm² въ 12 минутъ по какой угодно телефонной, хорошо изолированной линіи, и даже въ 6 минутъ, если довольствоваться на получаемомъ снимкѣ сѣткою не въ полмиллиметра, а въ цѣлый миллиметръ. Фотографіи, которыя я вамъ сейчасъ покажу, сдѣланы моими новыми аппаратами.

Эти фотографіи были сдѣланы на искусственныхъ линіяхъ, сопротивленія которыхъ соотвѣтствовали телефоннымъ проводамъ въ 1500 километровъ. Недавніе опыты на линіи Мюнхенъ-Нюренбергъ-Мюнхенъ и сейчасъ на линіи Парижъ-Ліонъ-Парижъ показали, что существенной разницы нѣтъ при переходѣ отъ искусственной линіи къ дѣйствительной. Стало быть, мы достигли того, что наша метода стала практически осуществимой. Въ этомъ году мы уже установимъ наши аппараты на нѣсколькихъ удаленныхъ другъ отъ друга станціяхъ, и насъ интересуетъ теперь вопросъ, кто воспользуется нашимъ изобрѣтеніемъ?

Сначала я думалъ, что оно будетъ полезно для уголовной полиціи, антропометрическихъ бюро и т. д., но дѣйствительность дала ему иное примѣненіе. Первый интересъ къ нему обнаружила иллюстрированная печать, а именно L'Illustration позаботилась о томъ, чтобы ввести его въ жизнь. Г. Баше, директоръ L'Illustration, любезному приглашенію котораго я обязанъ своимъ появленіемъ въ этихъ стѣнахъ, уже въ ноябрѣ прошлаго года, когда онъ убѣдился въ дѣеспособности новыхъ методовъ на переданныхъ ему телефотографіяхъ, предусмотрѣлъ примѣненіе телефотографіи къ печатному дѣлу. Благодаря ему, журналы всего міра поняли значеніе этихъ методовъ для иллюстрированныхъ изданій. Я очень счастливъ, что нашелъ въ Парижѣ выдающагося сотрудника по постройкѣ моихъ аппаратовъ въ лицѣ извѣстнаго инженера Карпантье, слава котораго по изготовленію измѣрительныхъ инструментовъ распространена по всему міру. Уже три года тому назадъ я дѣлалъ свои опыты въ его мастерскихъ, и его дружеское участіе дѣйствовало на

меня весьма ободряюще. Къ Парижу меня вообще привязываетъ долгъ признательности; здѣсь два знаменитѣйшихъ математика, Генрихъ Пуанкаре и Эмиль Пикаръ, имѣли самое большое вліяніе на мои математическія работы; здѣсь же два выдающихся физика, Кайете и Карпантье, побудили меня къ экспериментальнымъ работамъ; здѣсь, наконецъ, директоръ журнала L'Illustration показалъ мнѣ дорогу для практическаго примѣненія моихъ научныхъ идей.

Я возвращаюсь, однако, къ моему предмету, къ приложеніямъ телефотографіи. Я уже сказалъ, что иллюстрированные журналы въ числѣ первыхъ воспользуются моимъ изобрѣтеніемъ. Съ своими приборами я намѣренъ ближайшею весною произвести испытанія на линіи Мюнхенъ-Берлинъ, чтобы пріучить персоналъ къ включенію аппаратовъ и къ условнымъ сигналамъ, предшествующимъ пуску въ ходъ аппаратовъ и сопровождающихъ ихъ дѣйствіе. Въ теченіе лѣта 1907 г. будутъ закончены въ мастерскихъ Карпантье аппараты для журнала L'Illustration, и я надѣюсь, что въ ближайшемъ іюлѣ мѣсяцѣ Парижъ получитъ первыя фотографіи по телеграфу. Во всякомъ случаѣ въ теченіе нынѣшняго лѣта будетъ уже четыре такихъ станціи: Парижъ, Лондонъ, Берлинъ, Мюнхенъ, которыя будутъ въ состояніи обмѣниваться для своихъ иллюстрированныхъ изданій телефотографіями.

Вслѣдъ за этимъ уголовная полиція также воспользуется телефотографическими аппаратами. Конечно, аппараты большихъ столицъ будутъ къ ея услугамъ; на границахъ и въ портахъ ей прійдется установить подобные аппараты позже. Если подумать, что станетъ возможнымъ не только быстро переслать простую фотографію преступника, но и стереоскопическую, то подобное примѣненіе телефотографіи уже имѣетъ важное значеніе.

Я прибавлю еще нѣсколько словъ, чтобы показать, какъ путемъ небольшихъ измѣненій моихъ аппаратовъ можно осуществить быструю передачу почерковъ, рисунковъ, метеорологическихъ картъ. Для этого можно сохранить станцію назначенія въ томъ видѣ, какъ она есть, и лишь немного измѣнить аппараты на станціи отправленія, аналогично способу Казелли.

Закончивъ свой докладъ, я еще разъ возвращаюсь къ вопросу: можно-ли когда-нибудь достигнуть видѣнія на разстояніи, подобно тому, какъ теперь можно телефонировать? Отвѣтъ

на этотъ вопросъ остается прежній. Когда съумѣютъ уменьшить время передачи настолько, что фотографія будетъ передаваться менѣе, чѣмъ въ одну треть секунды вмѣсто теперешнихъ шести минутъ, то задача о видѣніи на разстояніи будетъ рѣшена. Тогда мы сможемъ видѣть на экранѣ отдаленныя картины, какъ теперешнія кинематографическія картины. Если-же не удастся въ такой мѣрѣ увеличить скорость передачи, то остается еще одно средство, именно сдѣлать передачу при помощи большаго числа проволокъ, причемъ каждая проволока должна передавать только часть картины. Но чтобы дать вамъ понять, насколько мы еще далеки отъ выполненія этой мысли, я скажу вамъ, что съ теперешними аппаратами нужно по крайней мѣрѣ 1000 телефонныхъ проволокъ и, конечно, по столько-же аппаратовъ на обѣихъ станціяхъ. Въ теоріи это возможно, но на практикѣ это удовольствіе обошлось-бы слишкомъ дорого, и подобная затѣя не имѣла бы серьезнаго примѣненія. Тѣмъ не менѣе не будемъ отчаяваться; быть можетъ, и этой мечтѣ суждено осуществиться. Когда мы съумѣемъ ускорить нашу передачу въ 10 разъ, а это мнѣ представляется въ будущемъ возможнымъ, то видѣніе на разстояніи будетъ достигнуто при помощи 100 телефонныхъ проволокъ. Съ этого момента видѣніе на разстояніи перестанетъ быть несбыточною мечтою.

Во время этой лекціи проф. А. Корнъ не только показалъ рядъ телефотографій, сдѣланныхъ имъ раньше въ лабораторіи на искусственной линіи, но и воспроизвелъ портретъ президента Французской республики Фалльера на дѣйствительной линіи Парижъ-Ліонъ-Парижъ длиною въ 1024 километра. Лучшія четыре телефотографіи, а именно портреты: проф. А. Корна, кронпринца Германскаго, короля Эдуарда VII и президента Французской республики Фалльера воспроизведены на отдѣльномъ листѣ.

О постановкѣ практическихъ занятій по физикѣ въ средне-учебныхъ заведеніяхъ.

Г. Г. Де-Метца[1]).

Въ настоящемъ своемъ докладѣ я не буду доказывать пользы введенія практическихъ упражненій въ нашей средней школѣ; такіе аргументы я приводилъ раньше[2]). Теперь я намѣренъ коснуться фактической стороны разбираемаго вопроса и способовъ его наилучшаго у насъ осуществленія.

При введеніи лабораторныхъ упражненій съ учениками возникаетъ не мало принципіальныхъ вопросовъ, на которые каждый преподаватель долженъ себѣ раньше такъ или иначе отвѣтить, ибо въ противномъ случаѣ онъ можетъ очутиться передъ рядомъ неожиданныхъ затрудненій.

1. Наиболѣе трудный вопросъ относится къ характеру предполагаемыхъ занятій, которыя могутъ быть *качественными* или *количественными*. Само собою разумѣется, что особенная точность измѣреній и всевозможныя тонкія поправки къ нимъ заранѣе исключаются, но все-же остается разрѣшить основное положеніе: долженъ-ли ученикъ только наблюдать, или-же и измѣрять. Этому тезису еще недавно посвятилъ достаточно вниманія нашъ почтенный педагогъ Б. Ю. Кольбе и собралъ очень интересный матерьялъ въ формѣ отвѣтовъ на поставленные имъ запросы, сдѣланные различнымъ физикамъ. Полученные имъ отвѣты можно резюмировать кратко: *задачи, входящія въ кругъ практическихъ упражненій*

[1]) Докладъ, прочитанный 2 января 1907 г. на Каникулярныхъ курсахъ при университетѣ св. Владиміра для преподавателей физики Кіевскаго учебнаго округа.

[2]) См. Физическое Обозрѣніе. Т. VII, 1906, стр. 252.

средней школы, должны быть и того, и другого характера. Было-бы односторонне сообщить этимъ занятіямъ лишь качественный характеръ, какъ было-бы неосторожно сдѣлать ихъ лишь измѣрительными. Введеніе практическихъ занятій должно служить для улучшенія общаго образованія учениковъ, для развитія ихъ способностей къ наблюденію явленій природы, для усовершенствованія ихъ въ размышленіи по поводу видѣннаго, для углубленія въ изучаемый предметъ, и потому было-бы ошибкою, имѣя въ виду такія широкія цѣли, вводить заранѣе установленныя рамки и ограниченія. На мой взглядъ измѣреніями не слѣдуетъ увлекаться и видное мѣсто нужно удѣлить задачамъ неизмѣрительнаго характера. Нужно, чтобы ученикъ больше наблюдалъ, больше комбинировалъ, а потомъ уже измѣрялъ ту или другую постоянную, характеризующую данное явленіе. Практическія занятія должны служить для того, чтобы ученикъ прежде всего понялъ, что ни книга, ни учитель не говорятъ ему всего о данномъ явленіи, и что наблюдаемое явленіе безконечно разнообразно сравнительно съ книжнымъ описаніемъ или изложеніемъ учителя. Вѣдь уже давно замѣчено, что мы менѣе всего обращаемъ вниманія на тѣ явленія природы, къ которымъ мы привыкли съ дѣтства. Очень часто мы ихъ не понимаемъ, но это насъ нисколько не безпоитъ и даже не возбуждаетъ нашей пытливости. Вотъ почему ученикъ долженъ научиться видѣть своими глазами и судить своимъ умомъ, а между тѣмъ эта драгоцѣнная способность его ума чаще всего остается безъ должнаго развитія, а на ея мѣстѣ выступаетъ лишь простое запоминаніе или подражаніе другимъ. Я вполнѣ согласенъ съ профессоромъ Перри, когда онъ утверждаетъ, что „нѣтъ болѣе высокой истины сравнительно съ той, которая гласитъ, что въ изученіи обыденныхъ явленій заложены сѣмена великихъ открытій будущаго“. Научное наблюденіе самыхъ обыкновенныхъ явленій, встрѣчающихся въ нашей повседневной жизни, никогда не пропадаетъ даромъ, и часто, продолжаетъ проф. Перри, „я чувствую, что если-бы рабочіе, наиболѣе освоившіеся съ неорганическою природою, умѣли наблюдать и примѣнять простые научные законы къ своимъ наблюденіямъ, то вмѣсто одного великаго открытія въ столѣтіе мы имѣли-бы по великому открытію каждый годъ“. Если такія надежды проф. Перри возлагаетъ на размышленія рабочаго, то

чего-же можно ожидать отъ интеллигентной молодежи, правильно воспитанной!

Измѣрительная задача, предложенная ученику, скорѣе успокоитъ его пытливость, такъ какъ въ ней чаще всего требуется заранѣе намѣченный несложный отвѣтъ. А между тѣмъ упражненіе должно разбудить сознаніе ученика, должно вызвать въ немъ самодѣятельность, умѣніе наблюсти все явленіе, а потомъ уже измѣрить тѣ его стороны, которыя поддаются измѣренію. Тогда кромѣ предписаннаго измѣренія у ученика, особенно даровитаго, могутъ появиться соображенія, вопросы, комбинаціи, которые онъ иногда можетъ тутъ-же провѣрить, и которыя чаще всего могутъ послужить предметомъ обсужденія съ руководителемъ.

2. Разсматривая нѣкоторые списки задачъ по практическимъ занятіямъ въ нашей средней школѣ, я замѣтилъ, что часто они напоминаютъ собою университетскіе съ пропускомъ болѣе трудныхъ или требующихъ болѣе дорогихъ приборовъ. Конечно, создать новые списки не легко, но такое творчество необходимо, если мы искренне желаемъ внести новую струю духовной жизни въ нашу школу. На теперешніе списки я смотрю какъ на первыя попытки, сдѣланныя въ этомъ направленіи нѣсколькими почтенными піонерами. Вотъ перечень поставленныхъ у насъ задачъ, составленный мною по даннымъ, любезно сообщеннымъ мнѣ для настоящаго доклада г.г. Н. С. Дрентельномъ, Б. Ю. Кольбе, Э. П. Цытовичемъ и В. Эрлеманномъ; кромѣ того, я включилъ въ него задачи, описанныя въ книгѣ Ф. Н. Индриксона и упомянутыя въ отчетѣ М. И. Кустовскаго.

СПИСОКЪ ЗАДАЧЪ.

I. Механическій отдѣлъ.

Установка по отвѣсу. Установка въ горизонтальной плоскости. Уровень и его повѣрка.

Измѣреніе длины масштабомъ съ ноніусомъ. Отношеніе дюйма къ сантиметру. Длина окружности. Длина кривой линіи. Діаметръ шара.

Измѣреніе угла между прямыми линіями. Измѣреніе площадей правильныхъ геометрическихъ фигуръ.

Объемъ шара. Объемъ тѣлъ правильной геометрической формы при помощи скользящаго циркуляра или пальмера.

Объемъ тѣлъ неправильной формы по вытѣсненію соотвѣтственнаго объема жидкости.

Опредѣленіе положенія центра тяжести въ различныхъ тѣлахъ.

Рычаги. Блокъ. Полиспастъ. Воротъ. Зубчатыя колеса. Наклонная плоскость. Клинъ.

Паденіе тѣлъ по вертикали. Паденіе тѣлъ подъ угломъ къ горизонту. Опредѣленіе начальной скорости по высотѣ подъема или по дальности полета. Машина Атвуда. Опредѣленіе g.

Законы колебанія маятника. Изохранность колебаній. Длина секунднаго маятника. Ускореніе силы тяжести g.

Повѣрка вѣсовъ. Чувствительность ихъ. Вѣсъ тѣла, опредѣляемый разными способами взвѣшиванія. Отношеніе фунта къ килограмму. Калиброваніе сосудовъ, мензурокъ, капиллярныхъ трубокъ и т. д.

Вѣсы Роберваля. Вѣсы Мора. Вѣсы аптекарскіе.

Вѣсъ куб. сант. воздуха. Вѣсъ куб. сант. угольной кислоты.

Удѣльный вѣсъ по вѣсу и по объему тѣла. Гидростатическими вѣсами. Пикнометромъ. Ареометромъ съ постояннымъ вѣсомъ или постояннымъ объемомъ. Сообщающимися сосудами. Зависимость между плотностью и процентнымъ содержаніемъ соли въ растворѣ.

Давленіе на дно и на стѣнку сосуда. Законъ Архимеда.

Барометръ. Высота барометра. Законъ Маріотта. Волюменометръ. Открытый и закрытый манометры. Воздушные насосы.

Поверхностное натяженіе по числу капель. Сила сцѣпленія относительно воды.

Растяженіе пружинъ. Растяженіе резиновой трубки. Предѣлъ упругости. Разрывъ проволокъ. Сцѣпленіе тв. тѣлъ. Отраженіе упругихъ и неупругихъ шаровъ.

Гнутіе стержней при различныхъ способахъ закрѣпленія. Крученіе стержней. Колебаніе проволокъ.

II. Химическій отдѣлъ.

Приготовленіе растворовъ. Фильтрованіе жидкостей. Кристаллизація солей. Химическія превращенія.

Составъ воды. Добываніе кислорода. Горѣніе въ кислородѣ.

III. Теплота.

Основныя точки термометра. Сравненіе даннаго термометра съ нормальнымъ. Калиброваніе термометра.

Температура кипѣнія. Температура плавленія.

Расширеніе твердыхъ тѣлъ. Расширеніе жидкостей. Максимумъ плотности воды. Расширеніе газовъ.

Удѣльная теплота по способу смѣшенія. Водяной эквивалентъ калориметра. Опредѣленіе температуры пламени калориметрически. Скрытая теплота таянія льда.

Скрытая теплота пара. Упругость пара. Плотность пара. Относительная и абсолютная влажность.

Опыты съ термоскопомъ Лоозера и Кольбе; теплопроводность; теплопрозрачность; поглощеніе и лучеиспусканіе тепловыхъ лучей; отраженіе тепловыхъ лучей.

Кривая охлажденія воды.

IV. Звукъ.

Скорость звука съ камертономъ и мензуркою. Скорость звука по Кундту. Опредѣленіе числа колебаній сиреною. Законы колебанія струнъ на монохордѣ. Нахожденіе обертоновъ помощью резонаторовъ.

V. Свѣтъ.

Отраженіе свѣта отъ одного и нѣсколькихъ плоскихъ зеркалъ. Отраженіе свѣта отъ вогнутаго и отъ выпуклаго зеркала. Опредѣленіе фокуснаго разстоянія.

Преломленіе свѣта въ плоско-параллельной средѣ. Преломленіе свѣта въ вогнутыхъ и выпуклыхъ стеклахъ. Опредѣленіе фокуснаго разстоянія.

Составленіе оптическихъ инструментовъ: астрономическая труба; лупа; микроскопъ; бинокль; проекціонный фонарь; фотографическая камера съ объективомъ и безъ объектива.

Увеличеніе зрительной трубы. Увеличеніе микроскопа.

Ходъ лучей въ призмѣ. Минимумъ отклоненія. Показатель преломленія.

Спектръ паровъ. Спектръ газовъ. Спектръ поглощенія. Спектръ солнца.

Сравненіе яркостей свѣта помощью фотометра.

VI. Электричество.

Электризація при треніи и электростатическій рядъ. Электростатическая индукція.

Электрофоръ. Электрическая машина. Паденіе потенціала въ полупроводникахъ. Калибрированіе электроскопа.

Калибрированіе лейденскихъ банокъ. Разряды конденсаторовъ. Разряды въ газахъ.

Опыты Вольты. Составленіе гальваническихъ элементовъ. Измѣреніе электродвижущей силы элементовъ: электрометромъ; вольтметромъ; способомъ большихъ сопротивленій.

Измѣреніе внутренняго сопротивленія элементовъ способомъ подстановки.

Повѣрка закона Ома. Повѣрка закона Джауля. Опредѣленіе механическаго эквивалента тепла. Измѣреніе сопротивленій мостикомъ Кольрауша или Витстона.

Повѣрка законовъ Фарадея. Опредѣленіе силы тока газовымъ вольтаметромъ. Гальванопластика. Поляризаціонные токи.

Термоэлектрическіе токи. Явленіе Пельтье.

VII. Магнитизмъ и электромагнитизмъ.

Опредѣленіе полюсовъ магнита. Законъ ихъ взаимодѣйствія. Магнитные спектры и ихъ закрѣпленіе. Магнитная индукція.

Намагниченіе и размагниченіе. Магнитные сплавы. Магнитное наклоненіе.

Подъемная сила электромагнитовъ. Электромагнитная индукція. Экстратоки. Катушка Румкорфа. Телефонъ. Микрофонъ. Телеграфъ обыкновенный и безпроволочный.

Дѣйствія тока на магнитную стрѣлку. Градуированіе гальванометра. Переводный множитель тангенсъ-гальванометра. Сопротивленіе гальванометра. Упражненія съ динамомашиною и съ электромоторомъ.

3. Какъ вы видите, этотъ списокъ уже очень значительный, и хотя онъ обнимаетъ около 160 различныхъ примѣровъ, но къ нему съ успѣхомъ можно прибавить еще не мало новыхъ полезныхъ задачъ, если просмотрѣть соотвѣтственные иностранные сборники Пфефера, Ноака, Гримзеля, Стюарта и Джи [1]) и другихъ. Такимъ образомъ оказывается, что затрудненіе не въ прiисканіи задачъ для упражненій, а въ ихъ выборѣ изъ предложеннаго списка. Но не будемъ сейчасъ рѣшать вопросъ о

[1]) E. Pfeffer. Physikalisches Praktikum für Anfänger, dargestellt in 25 Arbeiten. Leipzig, 1903. K. Noak. Aufgaben für physikalische Schülerübungen. Berlin, 1905 E. Grimsehl. Ausgewählte physikalische Schülerübungen. Leipzig, 1906. B. Stewart und H. Gee. Praktische Physik für Schulen und jungere Studierende. Berlin.

числѣ задачъ и объ ихъ составѣ, а обратимъ сначала наше вниманіе на существующіе способы веденія практическихъ занятій въ средней школѣ у насъ и за границею.

Между способомъ веденія этихъ занятій въ высшей школѣ и въ средней разница обнаруживается пока въ томъ, что въ высшей школѣ они ведутся подъ общимъ надзоромъ профессора соотвѣтственно подготовленными лаборантами. Въ средней школѣ, ни у насъ, ни на Западѣ, таковыхъ еще нѣтъ, насколько мнѣ извѣстно. Только въ Кіевскомъ кадетскомъ корпусѣ эти занятія поручены отдѣльному преподавателю, но все-же не лаборанту при преподавателѣ, ведущемъ теоретическій курсъ въ классѣ. Поэтому въ средней школѣ обыкновенно одинъ преподаватель ведетъ всѣ занятія и теоретически, и практически, а отсюда возникаетъ серьезный вопросъ объ экономіи его силъ и о наилучшемъ использованіи времени, отдаваемаго этимъ занятіямъ самими учениками. Вотъ почему нѣкоторые преподаватели физики, какъ русскіе, такъ въ особенности нѣмецкіе, рекомендуютъ и практикуютъ въ настоящее время особую систему веденія занятій на такъ называемый одинъ фронтъ. Система занятій на одинъ фронтъ состоитъ въ томъ, что основныхъ задачъ выбираютъ не много, но за то каждую задачу ставятъ во многихъ экземплярахъ, напримѣръ, 6, 8, 10. При такихъ условіяхъ одинъ преподаватель можетъ съ успѣхомъ руководить занятіями группы учениковъ въ 15—20 человѣкъ, такъ какъ въ теченіе одного упражненія ученики выполняютъ всего двѣ—три задачи, и его вниманіе не такъ сильно поглощено, какъ въ томъ случаѣ, когда всѣ ученики данной группы работаютъ съ разными задачами.

Здѣсь кстати будетъ отмѣтить то обстоятельство, что ученики и старшихъ, и младшихъ классовъ одинаково охотно предаются этимъ занятіямъ и проявляютъ много старанія и вниманія. Нѣкоторые преподаватели находятъ поэтому полезнымъ выдѣлять изъ нихъ наиболѣе преданныхъ и талантливыхъ и дѣлаютъ ихъ своими помощниками и какъ-бы руководителями остальныхъ учениковъ. Конечно, этой помощи не нужно переоцѣнивать, и задача преподавателя все-же остается тяжелой и отвѣтственной.

Принимая во вниманіе только что сказанное, на мой взглядъ, нельзя не признать важности метода веденія практи-

ческихъ занятій на одинъ фронтъ и системы возможнаго размноженія однотипныхъ задачъ. Эта система завоевываетъ себѣ симпатіи въ Германіи, такъ какъ она дѣлаетъ преподавателя болѣе независимымъ отъ посторонней и случайной помощи и вноситъ болѣе систематичности въ занятія учениковъ. Кромѣ того, она хороша еще и въ томъ отношеніи, что даетъ возможность вести практическія занятія параллельно съ проходимымъ теоретическимъ курсомъ, что само по себѣ составляетъ уже огромное преимущество.

Если стать на эту точку зрѣнія и сопоставить съ нею приведенный только что списокъ въ 160 задачъ, практикуемыхъ въ разныхъ школахъ и имѣющихъ свое основаніе и значеніе, то станетъ ясною вся трудность вопроса о введеніи практическихъ занятій въ средней школѣ. Въ самомъ дѣлѣ, по даннымъ Э. П. Цытовича, въ VII С.-Петербургской гимназіи списокъ упражненій 1903—1904 г.г. заключаетъ около 49 отдѣльныхъ задачъ. По отчету В. Эрлемана за 1904—1905 г.г. въ St. Petrischule въ Петербургѣ задачъ числится около 65; по докладу М. И. Кустовскаго въ Маріупольской гимназіи налажена 51 задача; по книгѣ Ф. Н. Индриксона въ гимназіи Мая поставлено 50 задачъ. Если къ такому большому числу задачъ примѣнить систему одного фронта, то въ зависимости отъ принятаго коэффиціента размноженія: 6, 8, 10, каждому кабинету пришлось-бы обзавестись отъ 300 до 500 приборовъ спеціально для этихъ упражненій. Правда, существующій у насъ опытъ уже показалъ, что каждый ученикъ за время своего пребыванія въ гимназіи рѣшаетъ въ среднемъ около 20 задачъ и что только охотники поднимаютъ это число до 40. Такимъ образомъ, фактически приведенное раньше число приборовъ можно уменьшить и свести его до предѣловъ $20 \times 6 = 120$ и $40 \times 10 = 400$, взявъ крайніе коэффиціенты размноженія 6 и 10.

Я не думаю, чтобы эти числа были преувеличены, и мнѣ кажется, что съ размноженіемъ приборовъ занятія будутъ идти гораздо успѣшнѣе, и что среднее число рѣшенныхъ задачъ значительно возростаетъ противъ приведеннаго сейчасъ.

Если-же это такъ, то должно поставить вопросъ экономическаго характера: по силамъ-ли нашей средней школы подобная затѣя? Въ настоящее время едва-ли, думается мнѣ. Вѣдь самые физическіе кабинеты обставлены у насъ часто очень сла-

бо и бѣдно, и до сихъ поръ еще очень мало сдѣлано для улучшенія обстановки преподаванія основного курса физики. Откуда-же ожидать прилива средствъ и соотвѣтственной затраты той живительной энергіи преподаванія, безъ которой и деньги остаются только мертвою матеріей.

Я думаю поэтому, что пока намъ нужно идти по стопамъ германской школы. Она въ принципѣ относится съ большимъ одобреніемъ къ введенію практическихъ занятій среди учениковъ, но она не заставляетъ вводить ихъ всюду и одновременно, а лишь тамъ, гдѣ учитель самъ этого желаетъ, и гдѣ школа можетъ придти ему на помощь отпускомъ денегъ и отводомъ достаточнаго помѣщенія, около 20 кв. саженей, для устройства подходящей лабораторіи.

4. Допустимъ, однако, что для данной школы все сложилось благопріятно, и что она можетъ ввести практическія упражненія по физики. Какъ велики должны быть ея затраты и какого рода приборы ей нужны для этого? Изъ сдѣланнаго подсчета видно, что о пріобрѣтеніи дорогихъ приборовъ не можетъ быть и рѣчи; очевидно, что удовлетворить эту новую настоятельную потребность нашей средней школы можно только самыми дешевыми приборами, по большей части собственной конструкціи учителя и его учениковъ.

Я не могу не подѣлиться здѣсь тѣми чувствами глубокаго удовлетворенія, которыя я пережилъ лѣтомъ 1906 г. въ Берлинѣ, когда я посѣтилъ тамошнее Dorotheenstädtisches Realgymnasium и увидѣлъ практическія занятія по физикѣ, организованныя проф. Г. Ганомъ на одинъ фронтъ съ коэффиціентомъ размноженія равнымъ 6. Большинство показанныхъ мнѣ приборовъ оказалось простой, но оригинальной конструкціи; металлъ въ нихъ былъ по возможности замѣненъ легче обрабатываемымъ деревомъ. Несмотря на крайнюю простоту и дешевизну, эти приборы хорошо выглядятъ, а массовое ихъ производство уже дало возможность механику Гинце (Berlin, Metzgerstrasse, 29) довести ихъ цѣну до минимума, иногда до 1 марки за экземпляръ. Поэтому меня нисколько не удивляетъ заявленіе проф. Бонерта, что оборудованіе 20 задачъ по 10 экземпляровъ каждая обошлось одной изъ гимназій въ Гамбургѣ всего въ 550 марокъ. Конечно, эти приборы просты, но Ганъ справедливо замѣчаетъ, что успѣхъ занятій лежитъ не въ стоимости приборовъ, а въ доброй волѣ учителя.

Не много средствъ требуетъ и дальнѣйшее содержаніе этихъ задачъ въ порядкѣ. По свидѣтельству Э. П. Цытовича ежегодный расходъ на этотъ предметъ въ VII-ой гимназіи колеблется отъ 33 до 99 рублей, считая въ томъ числѣ не только ремонтъ, но и мелкія пріобрѣтенія и трату матеріаловъ. Всѣ руководители единодушно хвалятъ участниковъ этихъ занятій и отмѣчаютъ ихъ внимательное и бережливое отношеніе къ приборамъ, а потому никто изъ нихъ не упоминаетъ объ особой порчѣ приборовъ или о расходахъ на ихъ исправленіе. Подобное отношеніе мы замѣчаемъ позже и въ высшей школѣ; студенты по большей части работаютъ также бережно и въ нашихъ физическихъ лабораторіяхъ.

5. Намъ остается еще ознакомиться съ затратою времени на эти занятія и съ его распредѣленіемъ. Само собою ясно, что пока практическія упражненія по физикѣ не обязательны, приходится отводить на нихъ внѣучебные часы: вечерніе или праздничные. Конечно, и то, и другое неудобно, и нужно удивляться той симпатіи, съ которою ученики посѣщаютъ эти занятія. Такъ, напримѣръ, въ VII гимназіи Э. П. Цытовичъ ведетъ упражненія два раза въ недѣлю отъ $5^1/_2$ ч. до 7 ч. вечера, а М. И. Кустовскій въ Маріуполѣ разъ въ недѣлю отъ 6 до 10 ч. вечера. Такимъ образомъ въ дни упражненій по физикѣ ученикамъ приходится дважды посѣщать гимназію, дѣлая подчасъ огромные концы. Тѣмъ не менѣе весьма отрадно отмѣтить, что занятія подъ руководствомъ Э. П. Цытовича пріобрѣтаютъ изъ года въ годъ все больше и больше участниковъ, какъ это видно изъ его отчетовъ по гимназіи за 1903—1904—1905 годы.

Вотъ его данныя:

	1900—1901	1901—1902	1902—1903	1903—1904	1904—1905
% отношеніе участниковъ къ общему числу учениковъ.					
VIII классъ	29%	43%	52%	60%	63%
VII классъ	63	70	79	81	66
VI классъ	—	—	—	—	58

Приведенныя числа ясно показываютъ, какъ великъ интересъ учащихся къ этимъ занятіямъ. Числа Э. П. Цытовича объективно рисуютъ только то, что другіе руководители выражаютъ словами, а именно, что практическими упражненіями по физикѣ заинтересовано значительное большинство учащихся.

Итакъ, сколько-же часовъ нужно отвести на эти занятія, чтобы удовлетворить учащихся? Справляясь съ отчетами различныхъ школъ, можно установить, что продолжительность занятій каждой группы ограничивается однимъ—двумя часами въ недѣлю или въ двѣ недѣли. Принимая во вниманіе, что въ теченіе нашего учебнаго года можно использовать для занятій около 24 недѣль, и что это время нужно раздѣлить между 3 классами, ясно, что на каждый классъ одинъ преподаватель можетъ отвести не болѣе 8 недѣль или 16 часовъ. Отсюда легко получить среднее число задачъ на одинъ классъ, около 7, и на весь курсъ средней школы, около 20. Многіе преподаватели совершенно правильно смотрятъ на вопросъ о числѣ задачъ и не стараются его поднимать, такъ какъ успѣхъ занятій не въ числѣ рѣшенныхъ задачъ, а въ качествѣ рѣшенія. Поэтому такіе преподаватели требуютъ отъ учениковъ обработаннаго протокола наблюденій и вычисленій и графическаго изображенія хода явленія, если таковое требуется въ данной задачѣ, и воспитываютъ такимъ образомъ самое внимательное отношеніе къ изучаемому вопросу.

Остается выяснить, какъ велика должна быть группа, съ которою работаетъ одинъ преподаватель. Изъ нормъ существующей практики можно установить, что при постановкѣ практическихъ занятій съ разноименными задачами одинъ преподаватель можетъ съ успѣхомъ руководить группою maximum въ 10 человѣкъ, а при работѣ на одинъ фронтъ группу можно удвоить, предложивъ ей всего 2—3 задачи.

Изъ этого короткаго подсчета видно, что пока нельзя серьезно говорить объ обязательномъ введеніи практическихъ занятій по физикѣ, ибо число вечеровъ пришлось-бы значительно увеличить, дабы дать мѣсто всѣмъ ученикамъ, а не группѣ однихъ желающихъ. Если теперь нѣкоторые преподаватели видятъ въ практическихъ занятіяхъ нравственное свое удовлетвореніе и испытываютъ высокое удовольствіе, то при введеніи всеобщихъ

упражненій въ физической лабораторіи эти занятія обратятся въ сложную и утомительную работу, на которую еще не рѣшились даже въ Германіи. Только во Франціи существуютъ согласно закону 31 мая 1902 года обязательныя упражненія по физикѣ въ размѣрѣ 2-хъ часовъ въ недѣлю, въ теченіе послѣднихъ трехъ лѣтъ ученія въ средней школѣ, но преподаватели тамъ считаютъ себя очень обремененными. Проф. Ганъ полагаетъ, что въ германскихъ гимназіяхъ пока достаточно назначить по 1 часу въ недѣлю, а въ реальныхъ гимназіяхъ—по 2 часа. Само собою понятно, что такая затрата времени должна входить въ счетъ нормальныхъ часовъ преподаванія и быть соотвѣтственно оплаченной.

6. При серьезномъ рѣшеніи вопроса о введеніи практическихъ занятій по физикѣ въ нашей средней школѣ нужно, однако, считаться не только съ его матеріальною, но и съ его педагогическою стороною. Лучшіе авторитеты современной германской школы прямо признаютъ, что подготовку подходящихъ преподавателей нужно поставить на первомъ планѣ всякой учебной реформы. Извѣстный математикъ Феликсъ Клейнъ, профессоръ Геттингенскаго университета, посвятившій въ послѣднее время не мало своего вниманія реформѣ преподаванія математики и физики въ средней германской школѣ, думаетъ, что роль воспитанія подходящихъ преподавателей физики всецѣло должна принадлежать университету. Да и въ самомъ дѣлѣ, гдѣ въ другомъ мѣстѣ можно найти для этого лучшія средства. Бѣда лишь въ томъ, что русскіе университеты до сихъ поръ допускали сравнительно малую специализацію, но нужно думать, что съ введеніемъ у насъ предметной системы преподаванія, съ допущеніемъ свободы слушанія и съ уменьшеніемъ обязательнаго числа изучаемыхъ предметовъ вообще наши студенты приблизятся къ нѣмецкимъ и съумѣютъ также хорошо использовать университетское преподаваніе и свои способности для достиженія намѣченной цѣли.

Правда, что до сихъ поръ и нѣмецкіе университеты мало служили для непосредственнаго приготовленія преподавателей. Они давали своимъ слушателямъ разнообразный научный матеріалъ въ формѣ лекцій; они развивали въ нихъ экспериментальные навыки въ своихъ прекрасно обставленныхъ лабораторіяхъ; они учили ихъ излагать тотъ или другой научный воп-

росъ во время занятій въ семинаріяхъ; они давали имъ, наконецъ, возможность испробовать свои силы надъ самостоятельною разработкою докторской диссертаціи. Конечно, это уже очень богатый матеріалъ для будущей дѣятельности преподавателя, но онъ еще недостаточенъ для него какъ педагога, какъ человѣка, которому нужно сейчасъ учить и вести отвѣтственное дѣло школьнаго преподаванія. Въ Германіи этотъ пробѣлъ до сихъ поръ пополняетъ сама школа, ибо она не сразу допускаетъ обладателя соотвѣтственнаго диплома къ преподаванію, а лишь послѣ приготовленія и соотвѣтственнаго испытанія. Но и въ Германіи теперь возникаетъ мысль, что воспитаніе и приготовленіе хорошо подготовленныхъ учителей физики должны быть возложены на университеты. Въ этомъ отношеніи очень интересны попытки профессоровъ Шребера въ Грейфсвальдѣ, Э. Видеманна въ Эрлангенѣ, Бёрнштейна въ Берлинѣ, описанныя ими въ Zeitschrift für Physikalischen und Chemischen Unterricht за 1906 г. Изъ этихъ описаній видно, что кромѣ обычныхъ курсовъ проф. Шреберъ читаетъ курсъ о демонстраціяхъ физическихъ приборовъ, а его слушатели дѣлаютъ систематическіе доклады по вопросамъ преподаванія въ средней школѣ въ формѣ пробныхъ уроковъ безъ учениковъ. Особенно интересно сообщеніе проф. Бёрнштейна, сдѣланное имъ на послѣднемъ съѣздѣ германскихъ естествоиспытателей въ Штутгартѣ. Изъ него мы видимъ, что онъ открылъ настоящую школу подъ названіемъ: „упражненія по физикѣ для будущихъ учителей", посвящая этому дѣлу по 4 ч. въ недѣлю.

Но Германія классическая страна свободы преподаванія. Поэтому мы видимъ во всѣхъ этихъ попыткахъ много разнообразія и инициативы отдѣльныхъ лицъ. Очень интересную школу для преподавателей физики мнѣ недавно удалось увидѣть въ Берлинѣ, въ помѣщеніи старой Ураніи, куда меня привелъ проф. Г. Ганъ. Эта школа или курсы организованы для нѣсколькихъ предметовъ. Физикою тамъ занималось около 20 кандидатовъ, уже прошедшихъ университетскую школу и избравшихъ физику предметомъ преподаванія. Поэтому ученіе здѣсь своеобразное и обнимаетъ: а) систематическое производство классныхъ опытовъ; б) систематическое веденіе школьныхъ практическихъ занятій; в) ремесло по дереву, металлу и стеклу. При курсахъ имѣются образцовый физическій кабинетъ и образцовая физи-

ческая лабораторія. Такимъ образомъ, каждый кандидатъ, изучая обстоятельно всѣ указанные отдѣлы и имѣя въ своемъ распоряженіи всѣ необходимые инструменты, составляетъ себѣ ясное понятіе о той нормальной обстановкѣ, въ которой должна протекать его дальнѣйшая дѣятельность.

Интересная подробность. Эти курсы устроены совсѣмъ недавно и носятъ пока временный характеръ. Но они уже привлекли къ себѣ и всеобщее вниманіе, и многихъ кандидатовъ. Когда жизнь признаетъ за ними пользу, они, быть можетъ, послужатъ прототипомъ школы для другихъ разсадниковъ хорошихъ учителей физики.

Къ университету эти курсы не имѣютъ прямого отношенія, они помѣщаются вдали отъ него, а преподаваніе на нихъ поручено группѣ талантливыхъ педагоговъ, среди которыхъ почетное мѣсто занимаетъ проф. Г. Ганъ. Я провелъ на этихъ курсахъ одинъ вечеръ и вышелъ оттуда съ чувствомъ глубокаго удовлетворенія. Конечно, не все еще закончено; есть еще пробѣлы; но видно, что этому дѣлу предстоитъ блестящая будущность, что здѣсь посѣяно здоровое зерно.

Какой-же способъ лучшій? Какой больше подходитъ къ нашей обстановкѣ? На мой взглядъ лучше готовиться къ педагогической дѣятельности въ ту пору, когда вопросъ о выборѣ жизненнаго пути уже твердо рѣшенъ. Поэтому большей пользы можно ожидать отъ спеціальныхъ курсовъ, въ родѣ Берлинскихъ. На такіе курсы явятся кандидаты, которые вполнѣ сознательно отнесутся ко всѣмъ деталямъ, а съ другой стороны и вниманіе преподавателей будетъ сконцентрировано на совершенно опредѣленныхъ вопросахъ. Вслѣдствіе этого работа обѣихъ сторонъ будетъ гораздо производительнѣе и интереснѣе.

Нельзя сказать, чтобы въ Россіи вопросъ о приготовленіи учителей былъ новъ. Извѣстно, что уже съ 1786 г. существовала учительская семинарія, а съ 1803 г. учительская гимназіи; извѣстно также, что въ 1804 г. были учреждены педагогическіе институты въ Москвѣ, Харьковѣ и Казани, а въ 1816 г. Главный педагогическій институтъ въ Петербургѣ. Но, къ сожалѣнію, всѣ эти институты были непрочны и перемѣнчивы; они не успѣвали обнаружить своей дѣятельности, какъ уже ихъ уставы мѣнялись. Чаще всего на эти курсы принимали молодыхъ людей съ гимназической скамьи, но иногда отъ нихъ

требовали предварительнаго окончанія университета. Въ 1860 г. всѣ подобные институты были окончательно закрыты, и съ тѣхъ поръ приготовленіе учителей было отдано на волю случая. Едва-ли, однако, такая реформа была цѣлесообразна, ибо университеты не готовятъ спеціалистовъ и, стало быть, они не могли замѣнить педагогическихъ институтовъ. Любопытно отмѣтить здѣсь попытку X. П. Сольскаго, бывшаго попечителя Одесскаго учебнаго округа, учредившаго въ Одессѣ физико-математическіе курсы для приготовленія учителей физики и математики. Курсы открылись въ 1893 г., и я помню какъ горячо покойный проф. Ѳ. Н. Шведовъ отдался этому новому дѣлу, и какъ сочувственно другіе профессора и педагоги отнеслись къ этой идеѣ. Но и эти курсы не минули злой судьбы и скоро были закрыты. Очевидно, что въ такомъ крупномъ дѣлѣ нужна иниціатива государства, а не благой починъ отдѣльныхъ лицъ.

Можно только глубоко пожалѣть, что столь важное дѣло шло безъ всякой системы, и мнѣ кажется, что мы дожили, наконецъ, до такого момента, когда намъ необходимо возстановить педагогическіе курсы. Но на эти курсы нужно звать кандидатовъ, окончившихъ университетъ и желающихъ занять мѣста учителей. Одесскіе курсы, лишенные государственной поддержки, взымали по 100 рублей въ годъ съ каждаго своего питомца, а я думаю, что имъ слѣдуетъ выдавать стипендіи, дабы привлечь сюда наиболѣе трудолюбивыхъ и талантливыхъ молодыхъ людей и дать имъ полную возможность проработать серьезно и непрерывно надъ труднымъ дѣломъ пріобрѣтенія педагогическихъ навыковъ.

Вѣдь въ самомъ дѣлѣ, что даютъ наши университеты будущему учителю? Очень много теоретическихъ курсовъ, немного лабораторной практики и никакихъ педагогическихъ взглядовъ и пріемовъ. Мы не обучаемъ ихъ ни методикѣ, ни дидактикѣ; мы не разбираемъ съ ними учебниковъ и сборниковъ задачъ; мы не научаемъ ихъ техникѣ производства опытовъ въ объемѣ гимназическаго курса; мы не даемъ имъ возможности вести пробные уроки; мы не обсуждаемъ этихъ уроковъ; мы не знакомимъ ихъ съ современными запросами лучшихъ школъ Запада и Америки. Такимъ образомъ нашъ молодой педагогъ вступаетъ въ свою трудную дѣятельность почти безоружнымъ. Онъ долженъ своими силами дойти до всего и овладѣть всѣмъ. Для значительнаго большинства такая работа непосильна, и оно

съ нею справиться не можетъ. Въ этой несообразности и лежитъ по моему мнѣнію одна изъ причинъ разстройства нашей средней школы. Для ея процвѣтанія необходимо созидать кадры хорошихъ преподавателей и серьезно ихъ поддерживать. Безъ этого немыслима никакая плодотворная реформа.

7. Я только что затронулъ такой вопросъ, полное рѣшеніе котораго зависитъ отъ законодательной власти, а потому едва-ли оно скоро осуществится. Но есть еще одно средство, которое зависитъ отъ нашей воли и которое мы должны использовать немедленно. Это средство есть каникулярные курсы, организуемые при нашихъ университетахъ для преподавателей физики. У насъ эти курсы составляютъ еще новость, и мы не знаемъ еще ихъ цѣнности. Но въ Германіи они быстро завоевали себѣ симпатіи и университетовъ, и средней школы. Тамъ ихъ ввели въ жизнь въ 1891 г., съ легкой руки проф. Швальбе, а теперь нѣтъ такого университета въ Германіи, гдѣ-бы періодически не собирались физики данной области для освѣженія и пополненія своихъ знаній. Если-бы по примѣру каникулярныхъ курсовъ, недавно устроенныхъ при университетѣ св. Владиміра въ Кіевѣ, стали все чаще и чаще осуществляться подобные курсы и при другихъ университетахъ, то улучшеніе преподаванія физики въ Россіи сдѣлало-бы значительный шагъ впередъ.

8. Резюмируя все сказанное, я прихожу къ слѣдующимъ выводамъ:

1. Практическія упражненія по физикѣ въ средней школѣ составляютъ могучее подспорье въ изученіи этого предмета и потому постепенное введеніе ихъ весьма желательно, но на первое время они не должны быть обязательны ни для учителей, ни для учениковъ.

2. Эти занятія не должны служить для расширенія учебной программы, а для углубленія въ изучаемый предметъ.

3. Соотвѣтственныя задачи нужно выбирать съ большою осмотрительностью; онѣ должны быть поучительны какъ въ качественномъ, такъ и въ количественномъ отношеніяхъ.

4. Число задачъ, предлагаемыхъ вниманію ученика, не должно быть велико, но отъ каждаго ученика нужно требовать тщательнаго, хорошо записаннаго и правильно подсчитаннаго рѣшенія каждой задачи.

5. Практическія занятія должны идти параллельно теоретическому курсу, и осуществленіе ихъ въ такомъ видѣ возможно лишь, когда они будутъ налаживаться на одинъ фронтъ, съ значительнымъ коэффиціентомъ размноженія (10).

6. Инструменты для этихъ занятій должны отличаться простотою конструкціи и полною наглядностью.

Простой спектроскопъ.

П. А. Зилова.

На каникулярныхъ курсахъ, бывшихъ въ январѣ нынѣшняго года при университетѣ св. Владиміра для гг. преподавателей физики Кіевскаго учебнаго округа, проф. Г. Г. Де-Метцъ прочелъ лекцію „О постановкѣ практическихъ занятій по физикѣ въ средне-учебныхъ заведеніяхъ“. На этой интересной и поучительной лекціи профессоръ указалъ на новый практикуемый нынѣ въ Германіи пріемъ вести эти занятія на „одинъ фронтъ“; онъ состоитъ въ томъ, что всѣмъ участвующимъ ученикамъ (отъ 6 до 10) раздаютъ одинаковые приборы, очень простые и дешевые, и заставляютъ рѣшать одну и ту же задачу.

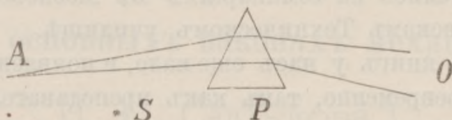
Нѣкоторые изъ слѣдующихъ лекторовъ, вполнѣ соглашаясь съ преимуществами новаго пріема, указывали на то, что его нельзя примѣнять, когда приходится давать дорого стоющіе приборы; какъ примѣръ такихъ приборовъ, всѣ лекторы указывали спектроскопъ.

Я думаю, что примѣръ спектроскопа неудаченъ, ибо для качественнаго изученія спектровъ, а начинающему ученику едва-ли можно предложить что-либо иное изъ спектральнаго анализа, достаточно пользоваться такимъ простымъ спектроскопомъ, который стоитъ очень дешево.

Слыша упомянутыя замѣчанія, я вспомнилъ статью Локьера: „A simple Spectroscope and its teachings“ (Nature, 1899, vol. 59), въ которой онъ описываетъ спектроскопъ цѣною въ 20 коп.

„Копѣекъ за 20 каждый изъ васъ можетъ соорудить спектроскопъ: купите у оптика небольшую призму; приготовьте дощечку въ 50 или 25 cm. длины (въ разстояніе яснаго зрѣнія), 2·5 cm. ширины и 1 cm. толщины; на одномъ концѣ этой линейки примастичьте кусокъ пробки въ 5 cm. высоты, а къ ней —призму; на другомъ концѣ укрѣпите вертикально иголку".

Если въ S (фиг. 1) помѣстить источникъ свѣта (загоро-



Фиг. 1.

женный отъ призмы P и глаза наблюдателя O), который освѣщаетъ иголку A, то наблюдатель изъ O увидитъ спектръ. Такимъ образомъ можно наблюдать непрерывный или линейчатый спектръ, освѣщая иголку свѣчею или бунзеновскою горѣлкою, пламя которой подкрашено поваренною солью; можно увидѣть и обращеніе спектра; помѣщая же между свѣчею и иголкою цвѣтныя стекла, въ спектрѣ наблюдаются полосы поглощенія. Еще одинъ опытъ: на мѣсто иголки помѣщаютъ вертикальную платиновую проволоку, чрезъ которую пропускаютъ электрическій токъ; при слабомъ токѣ, когда проволока накаляется до-красна, спектръ состоитъ изъ одной красной части; по мѣрѣ усиленія тока и усиленія каленія проволоки въ спектрѣ появляются послѣдовательно желтая, зеленая,... части; при бѣломъ каленіи проволоки получается полный спектръ; слѣдовательно, чѣмъ выше температура источника свѣта, тѣмъ длиннѣе его спектръ.

Библіографія.

3. *Пономаревъ Р. Д.* Сборникъ задачъ по элементарной физикѣ. Курсъ среднихъ учебныхъ заведеній. 3-е изданіе. Харьковъ, V + 199 стр., 1905. Ц. 1 р.

Этотъ сборникъ физическихъ задачъ съ 1902 г. вышелъ уже третьимъ изданіемъ, причемъ 2-е его изданіе было одобрено Ученымъ комитетомъ Министерства Финансовъ въ качествѣ учебнаго пособія для коммерческихъ училищъ и допущено Ученымъ Ком. М. Н. Просвѣщенія въ качествѣ учебнаго пособія для

среднихъ учебныхъ заведеній. Въ 1904 г. за этотъ сборникъ задачъ Р. Д. Пономаревъ удостоенъ половины большой преміи Императора Петра Великаго.

Въ разсматриваемой книгѣ собрано 1100 задачъ съ отвѣтами, по всѣмъ отдѣламъ курса. Задачи выбраны изъ наиболѣе извѣстныхъ французскихъ и нѣмецкихъ задачниковъ; нѣкоторыя-же составлены самимъ авторомъ или взяты изъ числа тѣхъ, которыя предлагались на семинаріяхъ въ Московскомъ университетѣ и Московскомъ Техническомъ училищѣ.

Подобныхъ книгъ у насъ еще мало, и появленіе этого сборника весьма своевременно, такъ какъ преподавателю необходимо не только бесѣдовать съ учениками и демонстрировать имъ опыты, но и упражнять ихъ въ правильномъ пониманіи всего учебнаго матерьяла, а это послѣднее лучше всего достигается посредствомъ рѣшенія хорошо подобранныхъ физическихъ задачъ. Сборникъ Р. Д. Пономарева вполнѣ удовлетворяетъ этой цѣли.

4. *Annuaire* pour l'an 1907, publié par le Bureau des Longitudes. Avec des Notices scientifiques. Paris. Gauthier Villars. Prix. 1 fr. 50 c.

Книгоиздательская фирма Готье Виллара въ Парижѣ только что выпустила въ свѣтъ „Ежегодникъ Бюро долготъ на 1907 годъ". Этотъ томикъ въ 900 страницъ содержитъ по обыкновенію громадное количество полезныхъ указаній, необходимыхъ какъ для ученыхъ, такъ и для инженеровъ. Кромѣ календарныхъ и астрономическихъ свѣдѣній, относящихся къ солнцу, планетамъ, кометамъ и звѣздамъ, въ этой книгѣ помѣщены еще слѣдующія статьи: О діаметрѣ Венеры *А. Буке де ла Гри* и Исторія идей о солнцѣ и изслѣдованій надъ нимъ *Г. Деландра.* Хорошія качества этого Ежегодника и его ничтожная цѣна давно уже служатъ для его повсемѣстнаго распространенія.

Г. Де-Метцъ.

Хроника.

IV Всероссійскій Электротехническій Съѣздъ состоится въ Кіевѣ, съ 26 апрѣля по 4 мая 1907 г. Канцелярія Постояннаго Комитета Электротехническихъ съѣздовъ находится въ Петербургѣ, Пантелеймоновская, 2, а Мѣстное Бюро—въ Кіевѣ, Городская Управа. Предсѣдателемъ Бюро состоитъ Кіевскій Городской Голова И. Н. Дьяковъ. Членскій взносъ 10 руб.